ВСЕСОЮЗНАЯ АКАДЕМИЯ СЕЛ.-ХОЗ. НАУК им. В. И. ЛЕНИНА
ИНСТИТУТ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

ТРУДЫ ПО ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ. II СЕРИЯ, ВЫП. 3

Bull. Pl. Protection. I Series, No 3

IMPERIAL MYCOLOGICAL INSTITUTE
16 OCT. 1933

СБОРНИК РАБОТ
ПО КИЛЕ КАПУСТЫ

К МЕТОДИЧЕСКОМУ И ТЕОРЕТИЧЕСКОМУ ОБОСНОВАНИЮ
МЕРОПРИЯТИЙ ПО БОРЬБЕ С КАПУСТНОЙ КИЛОЙ

Collection of papers on Cabbage club root

ИЗДАНИЕ ИНСТИТУТА ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ ВАСХНИЛ
ЛЕНИНГРАД — 1933

Leningrad

ВСЕСОЮЗНАЯ АКАДЕМИЯ СЕЛ.-ХОЗ. НАУК им. В. И. ЛЕНИНА
ИНСТИТУТ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

ТРУДЫ ПО ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ. II СЕРИЯ, ВЫП. 3

СБОРНИК РАБОТ
ПО КИЛЕ КАПУСТЫ

К МЕТОДИЧЕСКОМУ И ТЕОРЕТИЧЕСКОМУ ОБОСНОВАНИЮ
МЕРОПРИЯТИЙ ПО БОРЬБЕ С КАПУСТНОЙ КИЛОЙ

ЛЕНИНГРАД
1933

ВСЕСОЮЗНАЯ АКАДЕМИЯ С.-Х. НАУК им. В. И. ЛЕНИНА
ИНСТИТУТ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

THE LENIN ACADEMY OF AGRICULTURAL SCIENCES IN U.S.S.R.
INSTITUTE FOR PLANT PROTECTION

ТРУДЫ ПО ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ

II СЕРИЯ: ФИТОПАТОЛОГИЯ

ВЫПУСК 3

BULLETIN OF PLANT PROTECTION

II SERIES: PHYTOPATHOLOGY

Nr. 3

ЛЕНИНГРАД—LENINGRAD
1933

Т. И. Федотова.

О новом этапе в развитии фитопатологии.

T. J. Fedotova.

On a new way of the development of phytopathology.

Итоговый выпуск работ по болезням огородных культур, проводимых в 1931—1932 гг., является поворотным пунктом в характере, направлении и методах работы в области изучения и обоснования мероприятий по борьбе с болезнями данного типа.

Полнейший разрыв, существовавший до недавнего времени между запросами быстро развивающегося сельскохозяйственного производства и состоянием научно-литературных данных, со всей необходимостью ставит вопрос о перестройке всех научно-исследовательских работ в области дела защиты растений. Проведение отдельных разрозненных работ, не увязанных в единую цепь исследований, с определенной конкретной целеустановкой—обслуживания сельского хозяйства в период строящегося социализма,—такова организационная постановка исследовательских работ на протяжении всего периода до 1931 г.

При такой организационно-бесплановой постановке работ, как направление, так и выбор объектов, носили случайный характер. Внутреннее содержание и ценность их с точки зрения методологии и методики разрабатываемых вопросов представляется ничуть не лучшим. Единство формы и содержания выдержано прочно. В результате, огромный фактический материал, накопленный не одним десятком лет в области разработки методов борьбы, имеет нередко нулевую производственную ценность только потому, что натуралистический метод исследования с простым наблюдением фактов, без анализа и обоснования изучаемых явлений был основным методом исследований в фитопатологии. Это привело к огромному накоплению материалов, подчас совершенно противоречивых, использовать который поэтому зачастую не представляется возможным.

Метод наблюдений и воспроизводство наблюдаемых явлений в условиях лабораторного эксперимента, вне общей связности их взаимоотношений, привел к полному отсутствию теорий и обоснований в фитопатологии, во всех ее разделах и, в частности, в области борьбы с болезнями огородных культур. Отсутствие теорий и рабочих гипотез — характернейший момент фитопатологии. Вместо теорий—просто толкование фактов (что, разумеется, не одно и то же). Кроме того, полнейший отрыв от достижений в области других соприкасающихся дисциплин, удерживает фитопатологию на весьма низком уровне развития в отношении техники работ и использования реальных возможностей быстрейшего продвижения науки и наиболее полного обслуживания производства.

Отрыв от смежных дисциплин, отражаясь на производственном значении результатов фитопатологических исследований, в еще большей степени сказывается на разработке вопросов общего характера, являющихся основой и предпосылкой специальных и узких вопросов производства.

В итоге полнейшей неувязки работ и низкого технического уровня, фитопатология к 1931 г. представляла собою сбор отдельных критически неосвоенных фактов, полученных в результате накопления материала, как такового. Этот исторический период, характерный для всех наук, для фитопатологии затянулся во времени и превратился в топтание на месте. В итоге, требовалась коренная перестройка всей организационной постановки исследовательских работ с четко формулированной целеустремленностью поставленных задач и с комплексным охватом всех моментов изучаемой проблемы, с широким применением и знанием смежных дисциплин, для быстрейшего освоения данных и доведения их до производства.

Единый всесоюзный план работ, составленный на 1931 г. и явился переломным планом, ставившим грандиозную перестройку и организационную и методологическую в деле защиты растений и, в частности, по разделу болезней огородных культур.

Работы настоящего сборника являются материалом по итогам выполнения плана исследовательских работ за 1931 г. по теоретическому разделу болезней огородных культур. Характерным для выпуска является комплексная проработка проблем, с освещением всех моментов и с использованием данных смежных дисциплин.

Объектом комплексной работы сотрудников, результаты которой помещаются в настоящем выпуске, является капустная кила. Несмотря на массу исследований как русских, так и зарубежных авторов по вопросам теоретическим и непосредственно интересующим производство в отношении данного заболевания, практически сделано чрезвычайно мало. Изучением были охвачены все моменты, начиная с цикла развития паразита и кончая разработкой методов борьбы, как по линии выведения устойчивых сортов, так и по физико-химической дезинфекции почв.

Тем не менее, до последнего времени даже биология паразита не представляет собой достаточно ясного вопроса. Ни способы, ни условия, способствующие внедрению паразита, не получили достаточного разрешения. Кроме того, поскольку все обще-биологические исследования велись не в плоскости обоснования методов борьбы, то получаемые данные имели скорее чисто теоретический интерес и разработка практических мероприятий по борьбе велась эмпирическим путем без всяких обоснований и анализа сущности явлений. Все это, конечно, не могло не отразиться на быстрейшем конкретном разрешении вопроса—ликвидации паразита,—и вызвало лишь огромное накопление материала, использовать который было чрезвычайно затруднительно. Последнее обстоятельство не мало способствовало бесконечному повторению работ новыми исследователями, с многократным умножением фактов, оставляя попрежнему открытым вопрос о мерах борьбы с паразитом.

Большое экономическое значение килы (*Pl. brassicae* Wor.) послужило причиной включения ее в план исследовательских работ на 1931 г. с определенной конкретной целеустремленностью—теоретической разработки и обоснования запутанных вопросов борьбы.

При постановке комплексной работы по *Pl. brassicae* Wor. пришлось включить вопросы, уже фигурировавшие в работах предыдущих авторов, поскольку сущность изучаемых явлений оставалась ими невыясненной, а, следовательно, не было и возможности освоения данных.

Поскольку разработка систем мероприятий по борьбе с капустной килой мыслима, с одной стороны, в плоскости селекции устойчивых сортов,

а с другой—посредством дезинфекции почв, то работа по теоретическому обоснованию системы мероприятий с данным паразитом велась в этих же направлениях, а именно: 1) по обоснованию природы иммунитета крестоцветных к киле и 2) по обоснованию физико-химического действия дезинфекции на почву, зараженную килой.

Первому вопросу иммунитета крестоцветных к киле посвящается работа Э. Рохлиной, ставящая своей задачей отыскание факторов иммунности для использования их, как руководящего признака при дальнейшей работе по выведению устойчивых к киле растений.

В литературе некоторые из сортов капусты указываются как наиболее восприимчивые, другие, наоборот, как более устойчивые по отношению к заболеванию килой. Мнения относительно невосприимчивости того или иного сорта совпадают далеко не во всех случаях. Уж один этот факт говорит о необходимости проведения работ по анализу причинности явления иммунитета и выяснения условий, способствующих и вызывающих невосприимчивость у данного сорта. Выяснение этих моментов и было осуществлено в работе Рохлиной, применившей методы анатомии и биохимии растений в свете анализа взаимоотношений между паразитом и растением, с учетом реакции растения и всех особенностей, могущих влиять на заражение как со стороны окружающей среды, так и самого растения. Оперируя с большим набором видового и сортового материала, автор подметил явления закономерности в поражаемости сортов, в первую очередь в зависимости от биохимических и во вторую от анатомических особенностей растения.

Констатируя корреляционную зависимость между наличием глюкозидов горчичных масел в тканях растения и устойчивостью к киле, автор считает возможным взять этот признак за руководящий признак в селекции устойчивых к киле растений. Кроме этого важного момента, требующего широкой проверки на массовом селекционном материале, автором пролит свет и выяснена причинность тех противоречивых толкований, которые имеются в литературе относительно невосприимчивости или, наоборот, восприимчивости того или иного сорта или даже вида растений к киле. Оказывается, поскольку количественное содержание горчичных масел в растении колеблется в зависимости от типа вносимого в почву удобрения, постольку и степень восприимчивости растения также будет различной.

Помимо непосредственно большого практического значения работы Рохлиной в области селекции иммунных сортов, значение работы в еще большей степени усиливается открывающимися возможностями использования горчичных масел для целей борьбы с болезнями растений вообще, поскольку последние видимо обладают большими фунгисидными свойствами. Только глубокий анализ изучаемого явления и применение методов соприкасающихся дисциплин мог дать нужный эффект в работе Рохлиной.

Вторым вопросом этой комплексной работы по киле является работа Н. А. Наумовой—К выявлению влияния почвенных факторов на развитие килы крестоцветных.

Как уже указывалось раньше, разработка мероприятий по борьбе с капустной килой, помимо выведения устойчивых сортов, идет и по линии физико-химической дезинфекции почв, поскольку это является вопросом непосредственно сегодняшнего дня, так как получение и выведение иммунных сортов—вопрос, требующий значительного промежутка времени.

Известкование почв в борьбе с килой до сих пор считалось одним из наиболее эффективных мероприятий, проводимых в последнее время в довольно широком масштабе как в парниковых, так и в грунтовых хозяйствах. Необходимость известкования почвы при зараженности ее килой рекомендовалась как мера борьбы, по тем соображениям, что внесение

извести в почву изменяет кислотность последней до степени щелочной реакции и создает тем самым неблагоприятные условия для существования паразита. Заболеваемость крестоцветных килой считалась всегда показателем кислой реакции почвы, нуждающейся в известковании. Это считалось прочно установленным фактом и тем страннее и непонятнее казались случаи нахождения зараженных килой растений в условиях почв, реакция которых говорила совершенно обратное: почва содержала большое количество извести и совершенно не нуждалась в дополнительном известковании.

Этот момент опрокидывал широко применяющуюся систему известкования почвы против килы. Требовалось выяснение сущности этого явления, что и послужило основным вопросом работы Наумовой.

Большая экспериментальная работа, проведенная автором тоже с применением методов соприкасающихся дисциплин (физико-химия почв), вскрыла сущность этого явления, выяснив причину зараженности растений килою в условиях почв, не требующих известкования. Оказывается, мнение о необходимости известкования почвы на основании ее кислотности далеко не соответствует действительности, поскольку не принимаются во внимание остальные физико-химические свойства почвы и, в частности, ее буферные свойства. При игнорировании ответной реакции почвенной системы, способной в свою очередь воздействовать на вносимые в нее изменения, известкование не достигает своей цели и изменения кислотности по существу не происходит, т. е. как раз не наступает того эффекта, ради которого и проводится само известкование. Таким образом, буферные свойства почвы являются одним из основных элементов, с которым необходимо считаться при выяснении вопроса о необходимости применения известкования.

Кроме того, условия влажности почвы также не в малой мере способствуют исходу борьбы. Ксерофитный тип строения растения, создающийся при росте культуры в условиях небольшой почвенной влажности, в значительной мере способствует устойчивости растения за счет большего развития одеревеневших клеток корневой системы, в противоположность тому, что мы имели в условиях большей почвенной влажности.

Результаты данного исследования вскрывают сущность явления и дают обоснование для построения мероприятий по борьбе с капустной килой.

Третьей темой комплексного изучения, связанного с *Pl. brassicae* Wor. является работа Федотовой—К методике определения зараженности почв килой. Работа дает предпосылки к установлению необходимости проведения дезинфекции почв против килы. До сих пор о зараженности почвы килою судили по наличию зараженных растений, выросших в условиях данной почвы. Разумеется, такой метод установления необходимости дезинфекции почвы является слишком поздним, не дающим возможности заранее сигнализировать опасность заражения и тем самым своевременно провести мероприятия по борьбе с паразитом в почве еще до посева культуры.

Наличие зараженных растений не является сигнализирующим моментом для условий нынешнего года. Этот признак ни в какой мере не может служить также показателем необходимости дезинфекции почвы и на будущий год, поскольку в практике ведения огородного хозяйства часты случаи полного отсутствия зараженных растений на участках, где в предыдущие годы зараженность выражалась высоким процентом. Причины этого явления еще не выяснены. Необходимость разработки методов определения зараженности почв килою давно являлась насущным вопросом огородных хозяйств как парникового, так и полевого типа, предъявляющих свои требования к научно-исследовательской мысли о скорейшем разрешении этого вопроса.

Целью работы Федотовой и была разработка методов количественного и качественного определения зараженности почв килой.

Количественная оценка зараженности почв, в условиях крупного полевого хозяйства, при небольшой заспоренности почвы имеет не малое значение, поскольку применение методов дезинфекции почв не будет рентабельно и не окупится повышением урожайности за счет того небольшого процента растений, которые могут инфицироваться при небольшой заспоренности, характеризующей данную почву.

Отсутствие каких бы то ни было методов определения зараженности почв килою звставило вести работу по разработке этого вопроса в разных направлениях и, в частности, по линии возможности использования методов и приемов бактериологии и микробиологии вообще, методов почвенной протистологии и методов механического анализа почв в области почвоведения.

Качественное и тем более количественное определение почвенной микофлоры является, вообще, совершенно неразработанной областью, не только в отношении паразитов, но даже организмов сапрофитного порядка.

Невозможность культивирования *Pl. brassicae* Wor. требовало разработки особых методов и приемов работы, результаты которой вылились в использовании методов соприкасающихся дисциплин и разработке новых методов, дающих возможность определять качественную и количественную зараженность почв. Предлагаемый метод, простой по технике выполнения, не требует ни особой подготовки сотрудника, ни особого лабораторного оборудования. Метод, будучи лишен всяких пересчетов, свойственных всем ранее известным методам в области микробиологии, быстро дает ответ по искомой зараженности почвы и не дает тех огромных нарастаний ошибок, которые в той или иной степени свойственны микробиологическим методам. Наряду с качественным и количественным определением зараженности почв, метод дает возможность охарактеризовать и степень жизнеспособности данного паразита, что также является чрезвычайно важным.

Настоящая работа проделана в условиях лабораторного эксперимента и нуждается в массовой проверке полевого опыта, от которого, судя по небольшим ориентировочным данным, мы вправе ожидать подтверждения лабораторных опытов.

Обзором данных работ печатаемого выпуска, мне кажется, достаточно ярко охарактеризован сдвиг и намечаемое дальнейшее направление исследовательских работ в разделе теоретических исследований в одном из основных разделов фитопатологии—болезней огородных культур.

Э. Я. Рохлина.

К вопросу о невосприимчивости крестоцветных к Plasmodiophora brassicae Wor.[1]

(С 7 рис. и 2 таблицами).

E. J. Rokhlina.

On the absence of susceptibility to Plasmodiophora brassicae Wor. in Cruciferae.

(With 7 figs and 2 plates).

Стр.
1. Восприимчивость крестоцветных к киле 8
2, Влияние анатомического строения крестоцветных на восприимчивость . . 11
3. Проникновение паразита в растение и его распространение в тканях . 16
4. Влияние биохимических особенностей крестоцветных на восприимчивость 19
5, О мероприятиях по борьбе с килою 23
Резюме 27
Литература 28
Описание рисунков таблиц I—II 30

При изучении инфекционного заболевания необходимо учесть три ряда факторов: во-первых, совокупность свойств пораженного организма, во-вторых, свойства паразита и, в-третьих, совокупность внешних условий. В данной работе нас интересовал первый ряд факторов, а именно те особенности крестоцветных, которые обусловливают их устойчивость к инфекционному заболеванию, известному под названием капустной килы (*Plasmodiophora brassicae* Wor.).

Эта устойчивость может зависеть как от анатомических, так и от биохимических особенностей растения. Поэтому целью настоящего исследования является выяснение как анатомических, так и биохимических особенностей культурных и дикорастущих крестоцветных с различной степенью поражаемости килой.

1. Восприимчивость крестоцветных к киле.

Известно, что не только культурные (капуста, репа, редька, редиска, брюква и др.), но и большинство диких крестоцветных являются восприимчивыми к киле, тем не менее имеется ряд видов и даже целых родов, отличающихся своей невосприимчивостью, как напр., роды *Barbarea*, *Draba*, *Malcolmia*, *Matthiola* и др. Уже в пределах одного и того же рода замечаются сильные колебания в степени восприимчивости (Наумов); но, кроме родового и видового иммунитета, наблюдаются сортовые, а также индивидуальные различия.

[1] Из Биологической Секции Сектора Общей Фитопатологии ВИЗРа. Заведыв. проф. Н. А. Наумов.

Таблица 1

Степень заражаемости килой различных представителей из сем. крестоцветных.

№№ по пор.	Наименование растений	Общее количество растений	% зараженных
	Heliophilinae:		
1	Heliophila amplexicaulis L.	112	46
	Lepidinae:		
2	Biscutella auriculata L.	5	40
	Cochlearilinae:		
3	Iberis amara L.	45 ; 11	51 ; 18
4	„ pinnata L.	11	82
5	„ umbellata L.	11	73
6	Thlaspi alpestre L.	23 ;61	0 ; 3
7	„ oliveri Eng.	62	0
8	Cochlearia officinalis L.	43	0
9	„ danica L.	8	75
	Sisymbriinae:		
10	Sisymbrium irio L.	73	64
11	Isatis glauca L.	9	0
12	„ tinctoria L.	6	17[1]
	Vellinae:		
13	Succovia balearica Med.	15	100
14	Carrichtera vella DC.	47	100
	Brassicinae:		
15	Eruca sativa M. I. D.	63	30
16	Sinapis alba L.	73	81
17	„ (Brassica) arvensis (L.) B. et H.	24	100
	Brassica oleracea L.		
18	Капуста брауншвейгская	115	100
19	„ копенгагенская	32	100
20	„ белок Амагер	28	100
21	Brassica Napus var. oleifera, рапс	19	11
22	„ „ „ rapifera, брюква красносельская	40 ; 73	0 ; 0
23	Brassica Rapa, репа Петровская	20	50
24	„ „ репа Майская	51	35
25	Brassica nigra Koch	23 ; 54	0 ; 0
	Cardamininae:		
26	Barbarea vulgaris L. foliis viridis	21 ; 58	0 ; 0
27	„ „ „ variegatis	83 ; 108	0 ; 0
28	„ bracteosa Juss.	77	0
29	„ lyrata Asch.	81	0
30	„ plantaginea DC.	82	65
31	„ rupicola M. P. C.	104	99

[1] Заразилось лишь одно растение, обнаружившее легкое вздутие.

Продолжение.

№№ по пор.	Наименование растений	Общее количество растений	% зараженных
	Capsellinae:		
32	Aubrietia olympica Boiss.	12	0
33	„ deltoidea DC.	20	0
34	Draba subamplexicaulis C. A. M.	25	44
35	„ pyrenaica L.	30	63
36	„ Dorneri Henff	21	33
37	„ scandinavica Lindbl.	62	26
	Turritinae:		
38	Turritis glabra L.	14	79
39	Arabis alpina L.	33 ; 73	27 ; 18
	Erysiminae:		
40	Erysimum Perowskianum F. et M.	37	62
	Alyssinae:		
41	Alyssum alpestre L.	15	47
42	„ desertorum Steph.	14	57
	Malcolmiinae:		
43	Malcolmia maritima R. Br.	58	9
	Hesperidinae:		
44	Hesperis alpina Sch.	22	0
45	„ fragrans Fisch.	41	0
46	„ matronalis L. var. nana	39	0
47	„ lutea Maxim.	17	100

Примечание. Двойные цифры обозначают данные за два года: 1930 и 1931 гг.

Для учета степени заражаемости килой различных представителей из сем. крестоцветных (в наших условиях) нами был высеян ряд растений в почву, сильно зараженную спорами *Pl. brassicae*. Почва бралась с участков из Детского Села и Охты (окраина Ленинграда), зараженных килой. Кроме того, к этой земле примешивалась кашица из размельченных в воде полусгнивших кочерыжек брауншвейгской капусты, сильно пораженной килой. Что касается взятых нами для опыта растений, то данные о степени поражаемости их килою в большинстве случаев разноречивы у разных исследователей; кроме того, многие из этих растений совершенно еще не исследовались другими авторами в этом отношении. Эти соображения побудили нас остановиться на растениях, список которых приведен в таблице 1.

Результаты наших опытов, произведенных летом 1930 и 1931 г., приведены в той-же таблице (табл. 1). Растения расположены в системе Prantl'я. Указывается общее количество растений в опыте и процент зараженных.

Из этой таблицы видно, что положение растения в системе не определяет степени его восприимчивости, что подтверждает наблюдения и иных исследователей (Наумов, Cunningham и др.). В пределах каждой группы можно найти растения с различной степенью устойчивости; так,

напр., в пределах Brassicinae есть растения, дающие обычно 100% заражаемости (все сорта *Brassica oleracea*, *Br. arvensis* и др.); в то же время имеются растения, отличающиеся полной устойчивостью (*Br. nigra*, брюква красносельская и др.), и, наконец, в пределах той же группы Brassicinae наблюдаются и такие, которые обладают средней степенью поражаемости (репа, рапс, *Eruca sativa* и др.).

Воспользовавшись как своими собственными наблюдениями, так и данными других исследователей об отношении различных крестоцветных к киле, мы выбрали наиболее типичные по своей восприимчивости и устойчивости виды и исследовали, во-первых, их анатомическое строение и, во-вторых, их химизм с целью выявления факторов, обусловливающих так называемый иммунитет.

Сначала мы остановимся на вопросе, в какой мере влияют особенности строения растений на их поражаемость килой.

2. Влияние анатомического строения крестоцветных на поражаемость их килой.

Известно, что инфекция попадает в растение через почву, содержащую споры *Plasmodiophora*; поэтому первые изменения наблюдаются в корневой системе. Характер этих изменений, в частности, опухолевый рост у некоторых, растений представлен на фотографиях (см. табл. I). Корневая система пораженных растений, как видно из фотографий, сильно изменена, благодаря наличию сложных вздутий как на главном, так и на боковых корнях.

Как показали наши опыты, заражение наступает очень рано. Если высеять семена, напр., брауншвейгской или копенгагенской капусты, или *Brassica arvensis* и др. крестоцветных в зараженную почву, то уже на 7-й день в молодых корешках обнаруживаются плазматические массы паразита, главным образом в корневых волосках и эпидермальных клетках.

Рис. 1. Поперечный разрез корня 10-дневного растения брауншвейгской капусты: *v*—первичные сосуды, *l*—первичные элементы луба, *p*—перицикл, *e*—эндодерма, *c*—паренхима коры, *ep*—эпидерма.

Fig. 1. Transverse section through the root of 10 days'old plant of Brunswick cabbage; *v*—primary vessels, *l*—primary elements of bast, *p*—pericycle, *e*—endoderm, *c*—parenchyme of the bark, *ep*—epiderm.

Kunkel в своих опытах с искусственным заражением стебля капусты спорами *Plasmodiophora* наблюдал проникновение паразита на 9—10-й день. К этому сроку (7—10 дн.) в корешках обнаруживается типичная картина первичного строения (см. рис. 1).

На рис. 1, представляющем поперечный разрез корня 10-дневного растения брауншвейгской капусты, обнаруживается следующее: в середине располагается центральный цилиндр, по периферии—кора, покрытая кожицей. Внутренний слой коры образует так называемую эндодерму, которая непосредственно прилегает к центральному цилиндру. Последний состоит из следующих элементов: из одного (реже двух) слоя нежных клеток перицикла; в середине видны две группы первичных сосудов, расположенных друг против друга, а в промежутках между ними находятся первичные элементы луба.

Рис. 2. Схематическое изображение основных типов строения корня крестоцветных. Поперечные разрезы: *а*—3-месячного корня брауншвейгской капусты, *б*—3-месячного корня *Brassica nigra*, *в*—3-месячного корня *Alyssum desertorum*, *г*—3-месячного корня *Brassica arvensis*, *д*—пораженного килою корня I типа, *е*—пораженного килою корня II типа.

Fig. 2. Diagrammatic representation of the principal types of the structure of roots in *Cruciferae*. Transverse sections through *a*) 3 months' old root of Brunswick cabbage, *б*) 3 months' old root, *в*) 3 months' old root, *г*) 3 months' old root, *д*) root of the first type infested by *Plasmodiophora*, *е*) root of the second type infested by *Plasmodiophora*.

Считается, что механическим барьером для проникновения паразита могут служить особенности покровных тканей, а именно, развитие пробкового слоя, толщина кутикулы, восковой налет на поверхности кутикулы, а также сильно развитая колленхима или механические ткани.

Наружный слой молодого корня представлен тонкостенной кожицей, отличающейся, как известно, отсутствием кутикулы; таким образом, с указанной анатомической особенностью связать поражаемость или непоражаемость растений килой нельзя. Что же касается иных анатомических особенностей, то в этой стадии развития корня нет еще ни пробкового слоя, ни колленхимы, а механическая ткань сводится лишь к наличию первичных элементов проводящей ткани, т. е. сосудов, расположенных в виде двух мелких групп в середине центрального цилиндра.

Но наиболее убедительным доводом, позволяющим считать, что анатомические особенности молодых растений не влияют на поражаемость килой,

является следующее. Работы van Tieghem'a, Lohrer'a, а также наши исследования показывают, что почти у всех крестоцветных (за исключением хрена) первичное строение корня одинаково; оно аналогично тому, что было выше указано у брауншвейгской капусты (рис. 1).

Таким образом, как у поражаемых, так и у устойчивых по отношению к киле растений обнаруживается одинаковое первичное строение корня.

Могут ли особенности вторичного строения корня влиять на сопротивляемость растения по отношению к киле?

В то время, как в корнях молодых растений (как выше было указано) обнаруживаются в общем одинаковые анатомические особенности, у зрелых растений наблюдаются существенные различия в строении корня.

Еще в 1887 г. Lohrer выделил в сем. крестоцветных два основных типа корней, исходя главным образом из различий в строении вторичной древесины. Первый тип отличается тем, что древесина расщеплена радиально широкими сердцевинными лучами, благодаря чему корень на поперечном разрезе принимает лучистый вид (см. рис. 2, *а* и *б*). Сосуды расположены радиально и концентрично. К этому типу Лорер относит *Bunias orientalis*, *B. erucago*, *Nasturtium silvestre*, *Raphanus sativus*, *Brassica Napus*, *Br. oleracea*, *Sisymbrium austriacum*, *Isatis tinctoria*, *Lepidium Draba* и др.

Второй тип Лорера отличается тем, что сердцевинные лучи отсутствуют. Древесина компактна, не имеет лучистого характера (рис. 2, *в* и *г*), сосуды не всегда расположены радиально. Центральный цилиндр в этом типе строения корня обнаруживает сплошное (рис. 2 *г*), или частичное одеревенение (рис. 2 *в*). В случае частичного одеревенения внутренняя часть центрального цилиндра остается тонкостенной, неодеревеневшей, в нее вкраплены группы или единичные сосуды; внешняя же часть центрального цилиндра выступает в виде сплошного кольца, состоящего из одеревеневших элементов (рис. 2 *в*). К этой группе Лорер относит: *Cochlearia officinalis*, *Aubrietia deltoidea*, *Sisymbrium Alliaria*, *Capsella bursa pastoris*, *Teesdalia nudicaulis*, *Farsetia clypeata*, *Barbarea vulgaris*, *Alyssum petraeum*, *Lepidium perfoliatum*, *Arabis procurrens*, *A. alpina*, *Turritis glabra* и др.

Исследованные нами как устойчивые, так и восприимчивые к киле растения обнаруживают строение корней, характерное как для I, так и для II типа Лорера. Нами были исследованы трехмесячные растения.

Все исследованные нами сорта капусты (дающие обычно 100% зараженности) обнаруживают строение корня, характерное для I типа. На поперечном разрезе корня трехмесячного растения брауншвейгской капусты обнаруживается следующее (табл. II, фотогр. 1). В центре среза наблюдаются первичные сосуды, расположенные среди клеток древесной паренхимы. Далее, радиальными рядами расположены толстостенные элементы вторичной древесины, прорезанные широкими сердцевинными лучами, состоящими из тонкостенных паренхимных клеток. Благодаря этому древесина на поперечном разрезе принимает лучистый вид (сравн. табл. II, фотогр. 1 и рис. 2 *а*). На периферии древесины расположено сплошное камбиальное кольцо, снаружи которого находится луб с мощными пучками лубяных волокон. Далее следует тонкостенная паренхима первичной коры, которая заканчивается тонким пробковым слоем.

К этому же I типу строения корня относится и *Brassica nigra*, которая в противоположность *Br. oleracea* чрезвычайно устойчива к киле. На поперечном разрезе корня *Br. nigra* (табл. II, фотогр. 2, рис. 2 *б*) видно то же лучистое строение древесины. На периферии древесины наблюдаются широкие сосуды. Сердцевинные лучи частично одеревеневают, в результате чего образуется сплошное древесное кольцо. В остальном строение корня напо-

минает таковое у *Br. oleracea* с тем отличием, что лубяные волокна здесь отсутствуют.

Сходный тип строения обнаруживают корни брюквы красносельской, репы петровской и репы майской. В центральном цилиндре наблюдается то же радиальное расположение сосудов. Сердцевинные лучи, как и кора, содержат большое количество крахмальных зерен.

Из исследованных мною растений к первому типу относится также *Isatis glauca* (табл. II, фотогр. 3) и *Is. tinctoria*, из которых первая дает 0%, а вторая 17% заражения. У этих растений звездчатый характер древесины обнаруживается очень рельефно. Сердцевинные лучи и широкий слой коры набиты крахмальными зернами. Снаружи наблюдается 3—5-слойная пробковая ткань.

Если рассматривать вышеописанные растения, относящиеся к I типу, с точки зрения их восприимчивости к киле, то оказывается, что к ним относятся как растения, дающие обычно 100% зараженности, так и растения, обнаруживающие безусловную устойчивость. Так, все сорта *Br. oleracea* дают обычно 100% зараженности, тогда как *Br. nigra, Is. glauca* (*Is. tinctoria*), брюква красносельская—устойчивы, а репа петровская и майская относятся к растениям с средней степенью заражаемости.

Большинство исследованных мною растений относится ко II типу строения корня (рис. 2, *в* и *г*). К этой группе принадлежат все исследованные нами виды *Barbarea*, *Alyssum alpestre* и *A. desertorum*, *Erysimum Perowskianum*, *Arabis alpina*, *Thlaspi alpestre*, *T. oliveri*, *Iberis amara*, *I. pinnata*, *I. umbellata*, *Carrichtera vella*, *Sinapis alba*, *Eruca sativa*, *Malcolmia maritima*, *Sisymbrium irio*, *Biscutella auriculata*, *Heliophila amplexicaulis*, все исследованные виды *Hesperis*, *Sinapis arvensis* (*Brassica arvensis*) и *Succovia balearica*.

Среди корней этого типа различаются такие, которые имеют сплошную компактную древесину (табл. II, фотогр. 4), и такие, у которых центральный цилиндр обнаруживает лишь частичное одеревенение (табл. II, фотогр. 5, 6 и 7).

К первой категории относятся *Iberis amara, Carrichtera vella, Sinapis alba, Hesperis matronalis, Eruca sativa, Malcolmia, maritima, Sisymbrium irio, Biscutella auriculata,* а также *Brassica arvensis* и *Succovia balearica*. Кора этих растений слабо развита и выступает в виде узкой полоски, заканчивающейся тонким пробковым слоем.

Что же касается категории растений с частично одеревеневшим центральным цилиндром, то к ним относятся все виды *Barbarea* и *Alyssum, Erysimum Perowskianum, Arabis alpina, Thlaspi alpestre* и др. У последних двух растений центральный цилиндр состоит из групп сосудов, неравномерно рассеянных среди неодеревеневшей древесной паренхимы (табл. II, фотогр. 6). У остальных растений центральный цилиндр на периферии представляется в виде компактного древесного кольца, в середине же наблюдается неодеревеневшая древесная паренхима, в которую вкраплены изолированные группы сосудов (табл. II, фотогр. 5 и 7). Кора у этих растений хорошо развита; на периферии расположен более или менее широкий слой колленхимы (табл. II, фотогр. 8), снаружи которого находится 2—3-слойная пробковая ткань.

Если рассмотреть все растения II типа с точки зрения их устойчивости к *Pl. brassicae,* степень их поражаемости различна; так, например, все виды *Barbarea*, за исключением *B. rupicola* и *B. plantaginea*, вполне устойчивы; *B. rupicola*, имеющая то же строение корня, что и *B. lyrata,* дает 99% заражения, тогда как *B. lyrata* дает 0%.

Этот пример уже с ясностью указывает на то, что растения с аналогичным строением корня обнаруживают различную степень поражаемости килой.

Если заражение растений в начальных стадиях своего развития, как выше было указано, идет независимо от анатомических особенностей, то все же в зрелом растении некоторые особенности покровных тканей (пробка, колленхима) и компактное строение древесины могут во многих случаях влиять на проникновение и распространение паразита внутри растения.

Нами были произведены следующие опыты. В ящики, в которых находились 1—2-месячные здоровые растения, вносилась исскуственная зараза следующим образом: почва вокруг каждого растеньица обильно поливалась водой, в которой находились в огромном количестве споры *Pl. brassicae* (источником спор служили пораженные корни прошлогодней жатвы). После месячного роста в зараженной земле растения вынимались и исследовались.

Количество зараженных растений оказывалось значительно меньшим, чем это наблюдалось при посеве семян в зараженную почву. Так, например, *Iberis pinnata*, которая при посеве семян в зараженную почву давала 82% пораженных, при заражении зрелых растений (2-месячных) давала лишь 40% пораженных растений. Далее, *Succovia balearica*, поражающаяся обычно на 100%, дала лишь 60% зараженных. *Alyssum alpestre*, который давал 47% пораженных, при инфицировании зрелых растений совсем не заразился.

Это уменьшение процента заражения при инфекции зрелого растения можно, повидимому, объяснить именно развитием пробкового слоя и колленхимы (конечно, приходится также учесть и некоторые различия в условиях опыта). У 1—2-месячного растения всегда наблюдается пробковый слой, а, кроме того, у *Alyssum alpestre* развивается и колленхима, которые представляют собой до известной степени барьер для инфекции.

Необходимо также отметить, что при поражении зрелых растений опухоли наблюдались чаще всего в молодых боковых корнях.

Какова же картина поражения в зависимости от вторичного строения корня? При микроскопическом исследовании пораженного главного корня растения, инфицированного в позднем возрасте (2 мес.), наблюдалась следующая картина.

В брауншвейгской капусте, как и во всех растениях, обнаруживающих I тип строения корня, с лучистым расположением сердцевины, плазматические массы паразита были рассеяны в паренхиме коры, луба, камбия и, наконец, в сердцевинных лучах (рис. 2, *д*). В результате чрезмерного роста (гиперплазии) пораженных сердцевинных лучей древесина расщепляется на изолированные островки. Вследствие этого расщепления проводящих тканей на изолированные участки нарушается транспорт воды, что ускоряет увядание и гибель растения.

Таким образом, у растений с I типом корня изменения распространяются на весь корень вплоть до его самых глубоких центральных частей. Что же касается растений II типа строения корня, т. е. с компактной древесиной без серцевинных лучей, то здесь изменения имеют лишь локальный характер и наблюдаются главным образом в коре и камбии. Плотная же компактная древесина является непроницаемым барьером для паразита (рис. 2, *е*).

Из всего вышесказанного видно, что при инфекции зрелого растения тип строения корня, в частности, характер древесины влияют на распространение паразита внутри растения. Компактная древесина ограничивает распространение инфекции; поражение в этих случаях бывает лишь местным (изменения наблюдаются лишь в коре и в камбии).

Итак, устойчивость молодых растений по отношению к киле вовсе не зависит от анатомических факторов. Что

касается зрелых растений (с сформированными вторичными элементами), то поражаемость их до некоторой степени зависит от анатомических особенностей соответствующих растений.

В дальнейшем будет указано, что может (по нашим предположениям) влиять на сопротивляемость крестоцветных. Пока же остановимся на том, как проникает в растение паразит и как он распространяется по тканям.

3. Проникновение паразита в растение и его распространение в тканях растения.

Наблюдения относительно проникновения паразита в ткани растения производились на живом материале, главным образом на корешках брауншвейгской капусты и *Brassica arvensis*. Наиболее удобным объектом для наблюдений первых стадий поражения растения оказалась *Br. arvensis*.

В сосуды с землей, сильно зараженной спорами *Plasmodiophora*, высевались семена брауншвейгской капусты и *Br. arvensis*. Взошедшие растения исследовались под микроскопом. Исследование производилось in vivo. Корешки отрезывались, помещались в каплю воды на предметное стекло и слегка придавливались покровным стеклом.

Рис. 3. *а*—корневой волосок 7-дневного пораженного растения *Brassica arvensis* (слева—споры *Plasmodiophora br.*), *б*—разбухшая стенка эпидермальной клетки в месте проникновения паразита, *в*—разрыхленная стенка корневого волоска с тремя проникающими амебоидами, *г*—корневой волосок 8—10-дневного растения *Brassica arvensis*; внутри плазматические шары *Plasmodiophora br.* (увеличение 1 ок. 1000).

Fig. 3-a. Root filament of a 7 days' old plant of *Brassica arvensis* infested by *Plasmodiophora* (on the left—spores of *Plasmodioph.*), *б*) swollen wall of the epidermal cell in the place of the penetration of the parasite, *в*) loosened wall of the root filament containing three penetrating ameboids, *г*) root filament of the 8—10 days' old specimen of *Brassica arvensis*, plasmatic spheres of *Plasmodiophora* seen inside (magnification ab. 1000).

Молодые ткани, в особенности наружные слои, оказались достаточно прозрачными и доступными для микроскопического исследования. Кроме исследований корешков in toto изучались также и срезы.

Произведенные таким образом наблюдения указывают, что паразит проникает в растение через корневые волоски и эпидермальные клетки корешка.

На рис. 3*а* виден корневой волосок 7-дневного растения *Br. arvensis*, верхушка которого облеплена спорами *Plasmodiophora*. Споры плотно прилегают к клеточной стенке, которая в этом месте разбу-

хает и приобретает неравномерное бугристое очертание (рис. 3 *б* и *в*). Хлор-цинк-иодом эти измененные места в клеточной стенке не окрашиваются, тогда как нормальная стенка окрашивается в характерный для целлюлазы синевато-фиолетовый цвет. Это указывает на то, что клеточная

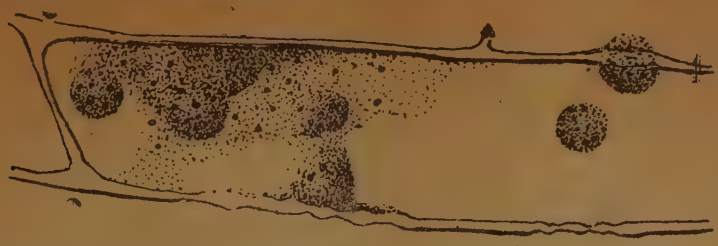


Рис. 4. Эпидермальная клетка 10-дневного корешка *Brassica arvensis*. Неправильные очертания клеточной стенки—место проникновения паразита. Внутри клетки плазматические массы паразита с мелкими жировыми капельками. Справа виден амебоид, проникающий через клеточную стенку в соседнюю клетку (увелич. ок. 1000).

Fig. 4. Epidermal cell of the 10 days' old root of *Brassica arvensis*. Irregular outlines of the wall of the cell—the place of the penetration of the parasite. Plasmatic masses of the parasite containing minute fat granules are present in the cell. On the right the ameboid is seen penetrating in the neighbouring cell through the wall of the cell (ab. 1000 12 × 7).

стенка в этом месте подвергается химическим изменениям, скорее всего ослизнению.

В момент проникновения через клеточную оболочку паразит имеет характер шаровидных рыхлых плазматических образований, по размеру своему немного больше спор. Жировых капелек не видно. Большие скопления таких плазматических шариков могут раздувать волосок, в результате чего образуются вздутия (рис. 3 *г*), заполненные плазматическими массами паразита.

Та же картина проникновения паразита наблюдается и в клетках кожицы корня. Неправильные очертания клеточной стенки с неравномерными утолщениями указывают на место проникновения паразита (рис. 4).

При дальнейшем наблюдении (через 3—4—5 дней) можно обнаружить, что указанные шаровидные тела, находящиеся уже внутри клеток, постепенно разрыхляются, увеличиваются в объеме, становятся грубозернистыми, причем появляются мелкие жировые капельки. Зернистость и жировые капельки находятся в быстром колебательном движении.

Рис. 5. Картины активной миграции паразита по клеткам коры пораженного месячного корня брауншвейгской капусты (увел. ок. 1200).

Fig. 5. Samples of the active migration of the parasite in the cells of the bark in the infested c months' old root of Brunswick cabbage (magnification ab. 1200).

Способность амебоида проникать сквозь клеточную оболочку была отмечена и Ворониным, Kunkel'ем Chupp'ом и Наумовым; тогда как Навашин, а также Фаворский полагали, что активное проникновение паразита через клеточную оболочку невозможно. На основании наших наблюдений мы приходим к выводу, что первичное проникновение паразита в растение совершается активным путем.

Что касается дальнейшего распространения *Pl. brassicae* по тканям растения, то кроме активной интраматрикальной

миграции паразита, связанной с изменением химизма клеточных стенок, с их разрыхлением, вплоть до полного лизиса, наблюдается также и пассивная передача амебоидов из клетки в клетку, в результате их деления. В этом отношении наши наблюдения подтверждают данные Навашина и Фаворского.

Наблюдения, касающиеся распространения по тканям растения, производились нами как на живых объектах, так и на фиксированном и окрашенном материале. Нами применялась фиксация абсолютным спиртом и смесями Zenker'a (с формалином) и Champy; окраска—железным гематоксилином Гейденгайна и тройная окраска Флемминга сафранин-генцианавиолетт-оранж.

Что касается активной миграции паразита, то нами наблюдались следующие картины, особенно четко выступающие в более поздних стадиях, когда амебоиды образуют плазмодии.

Плазмодий высылает гиалиновый плазматический тяж, вслед затем передвигается и зернистая масса. Эту гиалиновую массу паразита с большим трудом удается заметить на живых неокрашенных препаратах. На фиксированных же и окрашенных препаратах обнаруживается чрезвычайно бледная гомогенная плазматическая масса (рис. 5 *а*). Часто видно, что стенки клетки облеплены массой паразита и только центр клетки в виде шара остается свободным (рис. 5 *б*). Под влиянием литического действия паразита клеточные стенки подвергаются изменениям, разрыхляются (рис. 5 и 6) и вся масса паразита просачивается в смежные клетки. Таким образом, паразит распространяется в паренхимных тканях корня активным путем.

Рис. 6. Гипертрофированные клетки коры пораженного 3-месячного корня брауншвейгской капусты. Разрыхление и изменение клеточных стенок (увелич. ок. 1000).

Fig. 6. Hypertrophied cells of the bark of the infested 3 months' old root of Brunswick cabbage. Loosened and changed walls of the cells (magnification ab. 1000).

При рассмотрении фиксированных и окрашенных препаратов бросается в глаза, что паразит часто располагается вокруг клеточных ядер растения. Такие ядра могут подвергаться дегенеративным изменениям, как распаду или лизису.

Часто, однако, ядра делятся на два дочерних, а между ними возникают новые клеточные стенки, разделяющие клетки на дочерние. При этом масса паразита расщепляется вместе с ядром и попадает в дочерние клетки (рис. 7). Эти изменения наблюдались, главным образом, в паренхиме коры и сердцевинных лучей.

Описанные наблюдения указывают на возможность также и пассивсого распространения паразита в тканях, в результате интенсивного деления клеток, вызванного раздражающим действием паразита.

В результате усиленного размножения клеток (гиперплазии) и увеличения объема многих клеток (гипертрофии) коры, камбия и сердцевинных лучей, получаются вздутия и опухоли корня. Гиперплазия и гипертрофия наблюдаются как в паренхиме коры, так и в камбиальных клетках и сердцевинных лучах.

Выяснив анатомические особенности корней крестоцветных и их влияние на сопротивляемость, а также пути распространения паразита в тканях, перейдем к тем биохимическим особенностям крестоцветных, которые могут влиять на их устойчивость к киле.

4. Влияние биохимических особенностей крестоцветных на восприимчивость их к киле.

Известно, что у различных видов растений имеется не только ряд морфологических, но и биохимических особенностей, которые в той или иной мере защищают растение.

Таким защитным фактором может оказаться химический состав клеток. Эта защита, конечно, относительная, но, благодаря наличию определенных биохимических особенностей, число врагов из животного и растительного мира для каждого вида растения является ограниченным.

Очень важную роль в смысле защиты, без сомнения, играют определенные вещества, накопляющиеся в тканях. Таким защитным веществом в растительном мире служат: алкалоиды, глюкозиды (сапонины, нитрилглюкозиды, глюкозиды горчичных масел), токсальбумины, органические кислоты, едкие вещества млечного сока различных растений и др. У некоторых растений защитным веществом является синильная кислота, накопляющаяся в довольно значительных количествах. В отдельных случаях защитную роль играют эфирные масла, дубильные вещества и др.

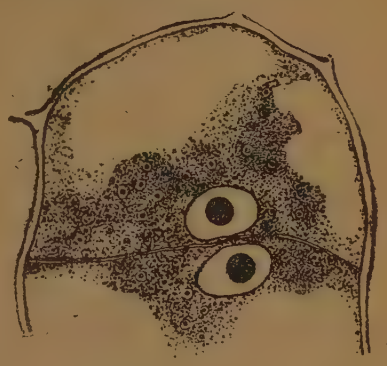


Рис. 7. Пассивное распространение организма по тканям растения; разделившаяся клетка коры с двумя дочерними ядрами и амебоидами *P. brassicae* (ок. 1200).

Fig. 7. Passive spreading of the organism in the tissues of the plant; divided bark cell showing two daughter nuclei and several ameboids of *Pl. brassicae* (magnification ab. 1200).

Эти вещества могут быть защитой не только от животных и высших растений, но и от микроорганизмов, не поражающих растения с определенными биохимическими свойствами. Такими защитными факторами в отношении *Pl. brassicae* в семействе крестоцветных оказываются, как видно будет из дальнейшего, некоторые глюкозиды горчичных масел.

Семена и вегетативные органы многих крестоцветных содержат особые глюкозидные вещества, отличающиеся наличием азота и серы. При гидролизе они дают сернистые соединения, часто летучие, отличающиеся сильным и острым запахом. Это так называемые в медицине Acria — острые вещества, вызывающие раздражение кожи и слизистой оболочки. Эти вещества издавна носят название горчичных масел. К ним относятся: аллиловое горчичное масло, чесночные масла и др. Основные вещества, из которых получаются эти горчичные масла, называются глюкозидами горчичных масел или глюкосинапидами. Из глюкозидов, наблюдающихся в сем. крестоцветных, следует отметить: синигрин, синальбин, глюкотропеолин, глюконастурциин, глюкокохлеарин, глюкохейролин и др. Биологическое значение этих глюкозидов сводится, по мнению Errera и др., к их защитной роли.

Расщепление глюкозидов может итти в воде при обыкновенной или слабо повышенной температуре под влиянием энзимов. Считается, что

каждый энзим способен расщепить только определенный глюкозид. По выражению Э. Фишера „энзим и глюкозид должны подходить друг к другу, как ключ к замку, чтобы могло произойти расщепление глюкозида". В растительном организме обычно наряду с глюкозидом имеется соответствующий ему энзим. Так, напр., в горьком миндале, наряду с амигдалином, мы находим и расщепляющий его энзим—эмульсин, в черной горчице—наряду с синигрином и мирозин. Последний наблюдается во всех тех растениях, которые содержат глюкозиды горчичных масел.

В семействе крестоцветных мирозин находится в большинстве растений. Фермент этот находится в специальных клетках. Heinricher описывает их как „Eiweisschläuche" или „Idioblasten" на основании сильной реакции с Миллоновым реактивом (красное окрашивание). Guignard впервые указал на то, что клетки эти содержат фермент—мирозин. По его утверждениям мирозиновые клетки находятся во всех тканях. Кроме реакции Миллона, Guignard рекомендует также иодную пробу (желтая окраска) и орциновую пробу с соляной кислотой (фиолетовое окрашивание). Все эти реакции, в особенности Миллона, как показали наши исследования, лучше всего проводить на живых объектах.

Если фермент—мирозин встречается у большинства крестоцветных, то глюкозид выступает далеко не так часто. По Гиньяру глюкозиды горчичных масел диффузно распространены в паренхиматических тканях всех органов растений, в особенности в коре корня и стебля. Возникающее в результате расщепления глюкозида горчичное масло удается обнаружить при помощи слабого спиртового раствора альканны: в клетках коры и древесной паренхимы выступают тогда красные капельки горчичного масла, на основании чего по Гиньяру устанавливается наличие синигрина. У *Br. nigra* мы наблюдали эти клетки, главным образом, в коре; клетки эти отчетливо выделялись благодаря наличию многочисленных, подчас довольно крупных капель масла, которые в неокрашенных препаратах резко преломляют свет.

Как выше было упомянуто, в сем. крестоцветных найдено несколько глюкозидов горчичных масел, которые при расщеплении (мирозином) дают сходные продукты распада, отличающиеся строением своей ароматической молекулы.

Синигрин (мироновокислый калий) встречается у многих крестоцветных, в особенности в черной горчице (*Br. nigra*), в корнях хрена (*Armoracia rusticana*), в небольших количествах у *Sinapis juncea, S. glauca, Br. rapa, Br. Napus* и др. Отсутствует в белой горчице (*Sin. alba*). По Gadamer'у формула строения синигрина

$$C_3H_5N:C\begin{cases} O\cdot SO_3K \\ S\cdot C_6H_{11}O_5 \end{cases}$$

При расщеплении синигрин дает летучие, остро пахнущие горчичные масла.

Глюконастурцин выделен из *Barbarea praecox* и *Nasturtium officinale*

$$C_6H_5\cdot CH_2\cdot CH_2N:C\begin{cases} O\cdot SO_3K \\ S\cdot C_6H_{11}O_5 \end{cases}$$

По Гадамеру этот глюкозид образует также летучее, остро пахнущее горчичное масло.

Идентичным по своим свойствам глюконастурцину (по Гадамеру) является глюкотропэолин, выделенный из *Lepidium sativum*

$$C_6H_5 \cdot CH_2 \cdot N{:}C\begin{cases} O \cdot SO_3K \\ S \cdot C_6H_{11}O_5 \end{cases}$$

Синальбин, наблюдающийся в белой горчице (*Sin. alba*), характеризуется иным строением:

$$C_6H_4OH \cdot CH_2 \cdot N{:}C\begin{cases} O \cdot SO_3C_{16}H_{24}NO_5 \\ S \cdot C_6H_{11}O_5 \end{cases}$$

Микрохимически синальбин можно обнаружить посредством реактива Миллона. Хотя этот реактив окрашивает в красный цвет и мирозиновые клетки, но вскоре клетки, содержащие синальбин, приобретают фиолетовый оттенок. Эта реакция имеет и практическое значение, ибо позволяет легко и быстро отличить смешанные в горчичном порошке *Sin. alba* от *Br. nigra*, так как синигрин (из *Br. nigra*) не дает окрашивания реактивом Миллона.

Этот глюкозид совершенно отличается от всех остальных и при расщеплении не дает летучих масел (Casserbaum). Этим отсутствием летучих горчичных масел в белой горчице мы объясняем восприимчивость этого растения к киле.

Если взять иные растения, которые тоже не содержат летучих горчичных масел или содержат их очень мало, как, напр., *Sin. arvensis, Eruca sativa* и др. (см. таблицу 3), то они тоже мало устойчивы к киле.

Семена *Cheiranthus Cheiri* содержат своеобразный глюкозид горчичного масла, названный глюкохейролином. Этот глюкозид аналогичен синигрину. Продукт его распада — хейролин стоит очень близко к аллиловому горчичному маслу, выделенному из черной горчицы.

Все вышеописанные глюкозиды горчичных масел в различных количествах встречаются среди многих растений из сем. крестоцветных (см. таблицу 3).

В физиологическом отношении к горчичным маслам близки чесночные масла; они нередко наблюдаются рядом. Еще в 1844 г. Wertheim указал, что, несмотря на то, что молодые растения *Alliaria officinalis* во всех частях содержат только горчичное масло (синигрин), позднее от них все сильнее и сильнее начинает пахнуть чесноком. Вскоре, в 1846 г., Pless указал, что у *Alliaria*, а равно и у некоторых видов *Thlaspi*, находится наряду с горчичным маслом и чесночное. Чесночные масла сообщают растениям такие же защитные свойства, как и горчичные летучие масла.

Опыты, поставленные Kossowitz'ом, указывают на бактерицидные свойства горчичных масел, возникающих в результате распада синигрина. По данным этого автора концентрация летучих горчичных масел 1 : 10000 совершенно задерживает рост и развитие грибов, главным образом мукоровых и бактерий. Даже концентрация 1 : 100000 влияет угнетающе на эти организмы. Из этого следует, что горчичное масло, возникающее в результате распада синигрина, является сильным грибным ядом [1].

Как видно из таблицы 3, не все глюкозиды горчичных масел обладают защитными свойствами; так, синигрин, глюкохейролин, глюкона-

---

[1] Ядовитое действие горчичных масел зависит в значительной мере от растворителя, т. е. от среды, в которой оно находится. Так, в минеральных питательных растворах действие горчичных масел значительно усиливается (см. статью Kossowitz'a).

стурциин, глюкокохлеарин чрезвычайно близкие по своей структуре и дающие аналогичные продукты распада, сообщают растениям устойчивость к *Pl. brassicae* благодаря образованю летучих горчичных масел с острым запахом. Такие же глюкозиды как, напр., синальбин, дающие в результате распада горчичные масла, не летучие и не обладающие острым запахом, не имеют защитных свойств. Произведенные нами качественные анализы, хотя и в грубой форме, все же с несомненностью указывают, что чем резче обнаруживается запах при расщеплении глюкозидов, тем устойчивее оказывается растение к киле. Опыты ставились следующим образом. Испытуемые растения, вынутые из земли, промывались тщательно в воде и пропускались целиком вместе с ботвой через мясорубку. Получившаяся кашица заливалась водой, затем добавлялась вытяжка из белой горчицы, содержащая в изобилии фермент мирозин. Все это ставилось в термостат в закрытом сосуде (при 30° С). Наличие летучих горчичных масел обнаруживалось по более или менее сильному специфическому запаху хрена или чеснока. Результаты этих наблюдений приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Наличие летучих горчичных масел у крестоцветных

Brassica nigra	+++ [1]
Thlaspi oliveri	+++
Cochlearia officinalis	+++
Isatis glauca	+++
Isatis tinctoria	+++
Barbarea vulgaris	++
Barbarea bracteosa	++
Iberis amara	++
Heliophila amplexicaulis	++
Aubrietia deltoidea	++
Hesperis fragrans	++
„ matronalis var. nana	++
„ alpina	++
Malcolmia maritima	++
Draba subamplexicaulis	+
Biscutella auriculata	+
Barbarea plantaginea	+
Arabis alpina	+
Iberis umbellata	+
Sinapis alba	+
Sisymbrium irio	+
Hesperis lutea	—
Brassica arvensis	—
Brassica oleracea (кап. брауншв.)	—

Из этой таблицы видно, что различные виды одного рода могут содержать различные количества горчичных масел, что отчетливо обнаруживается по характерному запаху.

Если сопоставить эту таблицу с данными учета заражаемости, приведенными в табл. 1, то бросается в глаза параллелизм между явлением устойчивости и содержанием летучих горчичных масел: степень поражаемости нарастает параллельно уменьшению содержания остро пахнущих горчичных масел. Сопоставляя на основании литературных и своих данных заражаемость крестоцветных килой и биохимические особенности этих растений, можно прийти к тем же выводам (см. табл. 3, стр. 24—26).

---

[1] +++ чрезвычайно сильный запах. ++ сильный запах. + слабый запах. — отсутствие запаха.

Таким образом, и из этой таблицы, во-первых, видно, что среди крестоцветных восприимчивость к киле колеблется не только среди разных родов, но и среди видов одного и того же рода [1]. Во-вторых, отчетливо обнаруживается зависимость между устойчивостью и содержанием летучих горчичных масел. Наибольшим эффектом в смысле защитной функции обладают горчичные масла, возникающие в результате расщепления синигрина, глюконастурцина и идентичного с ним глюкотропэолина, а также глюкокохлеарина, дающих настоящие летучие ароматические горчичные масла.

Для практиков чрезвычайно важным является сортовой иммунитет. В сем. крестоцветных среди культурных возделываемых растений имеются сортовые различия в степени устойчивости к киле. С другой стороны, имеются указания относительно сортовых различий в содержании горчичных масел (Jörgensen, Kinzel, Förster, Wehmer и др.). В работах Сахарова, Cunningham'a, Наумова и др. мы находим ряд указаний относительно устойчивости разных сортов капусты, репы, редьки, редиски и др. культурных крестоцветных к киле.

Один из этих авторов—Сахаров—отмечает, между прочим, что из разных сортов репы сильнее всего были поражены сорта с наиболее сахаристым клеточным соком и совсем не поражены сорта репы с наиболее острым клеточным соком. Это наблюдение Сахарова становится понятным в свете наших исследований. Сорта репы, редьки и редиски, отличающиеся „острым клеточным соком", т. е. наличием острых горчичных масел, оказались наиболее устойчивыми к киле.

Некоторого внимания заслуживают следующие наши наблюдения, правда, еще нуждающиеся в проверке на большем материале. Опыт был поставлен для того, чтобы выяснить—заражаются ли растения килой, если одновременно воздействовать острыми горчичными маслами.

Для опыта были взяты растения, дающие обычно 100% заражаемости, а именно брауншвейгская капуста. Землю, сильно зараженную спорами *Pl. brassicae*, мы обильно смачивали вытяжкой из семян черной горчицы, обладающей сильным запахом горчичного масла. В эту землю были высеяны семена брауншвейгской капусты, которые систематически поливались водой, смешанной с вытяжкой из семян черной горчицы.

Из выросших растений 80% было совершенно здоровых, а 20% имели незначительные вздутия. Контрольные опыты с семенами брауншвейгской капусты, высеянные в ту же зараженную землю, но без поливки вытяжкой из *Br. nigra*, дали 100% заражения. Этот опыт тоже указывает на защитную роль горчичных масел.

5. О мероприятиях по борьбе с килою.

Выяснение факторов, сообщающих устойчивость крестоцветным по отношению к *Plasmodiophora*, дает возможность ближе подойти к вопросу о мерах борьбы с этим паразитом.

Имеется уже ряд ценных указаний, касающихся методов борьбы с капустной килой, позволяющих задержать развитие и распространение этой болезни. Это достигается, главным образом, путем внесения в почву извести, нейтрализирующей почвенные кислоты, а также заменой навозного удобрения минеральными—калийными и фосфорными.

Между тем, по Wester'у удобрение с повышенным содержанием азота, фосфора и калия не только повышает всхожесть семян,

---

[1] Разница в данных о степени поражаемости одного и того же вида, полученная у различных авторов, может быть объяснена, повидимому, различной методикой проведения искусственного заражения, а быть может и неодинаковой тщательностью в постановке опыта.

Таблица 3

Сопоставление заражаемости крестоцветных килою с содержанием в них летучих горчичных масел

Наименование растения	% заражаемости	Наличие: Глюкозидов горч. масла	Наличие: Горчичных масел	Тип строения корня
Brassicinae				
Brassica oleracea, капуста брауншв.	100 (H)[1]; 100 (P)	Не обнаружено	Не обнаружено	I
„ „ кап. копенг. ранняя	100 (P)	—	—	„
„ „ „ белок Амагер	73 (H); 100 (P)	—	—	„
„ Napus var. oleifera, рапс	83,7 (Cun.); 11 (P)	Синигрин в небол. кол.	Аллиловое (остро пахнущее летуч. горч. масло).	—
„ Napus var. rapifera, брюква красносел.	0 (Cax); 0 (P)	Синигрин, по новым данным глюконапин	Кротониловое (остро пахнущ. летуч. горч. масло)	I
„ Rapa var. rapifera, репа Петровская	9,3 (Cun.); 50 (P)	Синигрин в небол. кол.	Аллиловое	„
„ „ репа Майская	35 (P)	„	„	„
„ „ „ „ Белая репа	—	Глюконастурцин	Остр. пахн. лет. горч. масло	„
„ campestris	16,6 (H)	—	Слабо пахн. лет. горч. масло	—
„ cernua	33 (H); 100 (Катт.)	—	Слабо пахн. лет. горч. масло	—
„ chinensis	100 (H); 100 (Катт.)	Не обнаружено	Не обнаружено	—
„ juncea (Sinapis juncea)	96 (H)	Синигрин в незнач. кол.	Лет. горчичн. масло в небольшом колич. (0,48%)	—
„ nigra	0 (H); 38,7 (Cun.); + (Halst); 0 (P)	Синигрин в знач. кол.	Аллилов. масло в знач. колич.	I
Sinapis alba	100 (H); +++ (Halst.); 81 (P)	Синальбин	Пара-окси-толилов., не летучее	II
Sinapis arvensis (Brassica arv.)	+ (H); 100 (Cun.); 100 (P)	Не обнаружено	Не обнаружено	II
„ chinensis	50 (H)	—	Лет. горч. масло в неб. кол. (0,9%)	—
Eruca sativa	90 (H); 50 (H); 30 (P)	—	Ангеликовое, нелет. горч масло.	II
Raphanus sativus var. β niger, редька	0 (H); 0 (Cax.)	Глюкотропеолин	Бензиловое (остр. пахн. лет. горч. м.)	I
„ „ var. radicula, редиска	53,4 (Cun.); 10 (Cax.); 9 (Cax.); 0 (Cax.) 3 разл. сорта	„	„	I
„ Raphanistrum	+ (H)	Глюкозид. похожий на синальбин	„	—
Cochleariinae				
Iberis amara	0 (H); 51 (P); 18 (P)	—	По старым данным содержит аллилов. горч. м. (сильн. запах)	II
„ pinnata	0 (H); 82 (P)	—	—	II

Iberis umbellata	0 (H); + (Halst.); 73 (P)	—	Слаб. запах горч. масла (+)	II
Thlaspi alpestre	20 (H); 0 (P)	—	Горч. и чесноч. лет. масла	II
„ oliveri	0 (P)	—	Чрезв. сильн. зап. чесн. м. (+++)	II
„ arvense	99 (H); 66 (H); 86 (Cun); +++ (Halst.); + (Ravn)	По старым данным не содержит. синигрина, по новым—небол. кол.	Горч. и чесн. м. в незнач. кол. (ок. 0,8%)	—
Cochlearia officinalis	0 (H); 0 (P)	Глюкокохлеарин.	Вторично-бутилов. (остр. пахн. лет. горч. масло).	II
Cochlearia Armoracia (Armoracia rusticana), хрен	0 (P)	Синигрин	Аллиловое	перв. III втор. I
Sisymbriinae				
Sisymbrium irio	64 (P)	—	Слаб. запах горч. масло (+)	II
Isatis glauca	0 (P)	Глюкотропеолин	Бензилов., остр. пахн. лет. (+++)	I
„ tinctoria	17 (P) (из 7 раст.—1 лишь имело слаб. вздутие)	„	„	I
„ undulata	0 (H)	„	„	—
Lepidiinae				
Lepidium sativum	0 (H); 0 (H); 0 (Катт.); 0 (Cun)	Глюкотропеолин	Бензиловое	—
Biscutella auriculata	0 (H); 0 (H); 25 (Катт.); 40 (P)	„	Слаб. зап. горч. масла (+)	II
Heliophilinae				
Heliophila amplexicaulis	+ (H); 0 (H); 46 (P)	—	Сильн. зап. горч. масла (++)	II
Cardamininae				
Barbarea vulgaris fol. viridis	0 (H); 0 (H); 1,6 (H); 0 (P); 0 (P)	Глюконастурцин	Лет. горч. масло.	II
„ „ fol. variegatis	0 (P); 0 (P)	„	„	II
„ „ praecox	+ (H); 0 (H)	„	„	II
„ „ bracteosa	0 (P)	—	Сил. запах горч. масла (++)	II
„ „ plantaginea	65 (P)	—	Слаб. запах горч. масла (+)	II
„ „ rupicola	99 (P)	—	—	II
„ „ lyrata	0 (P)	—	—	II

[1] Буквы в скобках обозначают фамилию автора, а именно: (H)—Наумов; (P)—Рохлина; (Cun.)—Cunningham; (Сах.)—Сахаров; (Катт.)—Каттерфельд; (Halst.)—Halsted; (Ravn)—Ravn.

Наименование растения	% заражаемости	Наличие		Тип строения корня
		Глюкозидов горч. масла	Горчичных масел	
Capsellinae				
Capsella bursa pastoris	+ (H); + (H); + (H); + (H); 57,3 (Cun.); ++ (Halst.); 0 (Катт.)	—	Незнач. кол. лет. горч. м. (содержит алкалоиды: бурсин и сапонин)	II
Camelina sativa	+ (Halst.); 0 (H)	Не обнаружено.	Не обнаруживается	—
Aubrietia olympica	0 (P)	—	Сил. зап. горч. масла (++)	—
„ deltoidea	0 (P)	—	Сил. зап. горч. масла (++)	II
Draba subamplexicaulis	44 (P)	—	Слаб. зап. горч. масла (+)	—
Turritinae				
Turritis glabra	0 (H); 79 (P)	Обнаружен глюкозид горч. масла	—	II
Arabis alpha	50 (H); 52,4 (Cun); 27 (P)	—	Слаб. зап. горч. масла (+)	II
Erysiminae				
Erysimum Perowskianum	0 (H); 62 (P)	Эризолин.	Горч. масло	II
Malcolmiinae				
Malcolmia maritima	9 (P)	—	Сил. зап. горч. масла (++)	II
Hesperidinae				
Hesperis lutea	100 (P)	—	Запах не обнаружен (—)	—
„ alpina	0 (P)	—	Сил. зап. горч. масла (++)	—
„ fragrans	0 (P)	—	„	—
„ matronalis var. nana	0 (H); 0 (P)	—	„	II
„ matronalis	50 (H); 75 (H); 68,9% (Cun.); + + (Halst.)	Не обнаружено	Не обнаружено	II

но и увеличивает в значительной степени содержание горчичных масел. Следовательно, устойчивость растений по отношению к киле увеличивается именно в результате нарастания содержания горчичных масел на соответствующем удобрении.

Однако, более радикальной мерой борьбы с этим заболеванием является селекция устойчивых к киле сортов и скрещивание их с восприимчивыми с целью получения новых устойчивых форм. В виду того, что более устойчивыми являются растения, содержащие летучие горчичные масла, напрашивается вывод, что скрещивая малоустойчивые сорта с сортами, содержащими указанный защитный фактор (остро пахнущие летучие горчичные масла), можно создать более устойчивые формы.

Скрещивание в данном случае приобретает тем большее значение, что в последние годы Г. Д. Карпеченко (в Вс. Ин-те Растениеводства) удалось получить тетраплоидные редечно-капустные гибриды. Эти гибриды обладают новыми морфологическими, анатомическими и физиологическими особенностями. К тому же редечно-капустные гибриды удалось скрестить с горчицей, рапсом, брюквой, репой, дикой редькой и китайской капустой.

При помощи скрещивания капусты, не содержащей почти совсем горчичных масел, с редькой, горчицей, репой и др. указанными крестоцветными, содержащими их в большом количестве, быть может удастся получить более устойчивые по отношению к киле сорта капусты.

Мы в настоящей работе подчеркиваем большое значение био-химических факторов, а также некоторое значение анатомических особенностей растения. Однако, для понимания устойчивости соответствующих растений по отношению к киле необходимо, конечно, учесть весь комплекс факторов, в своей совокупности определяющих заболеваемость или устойчивость растения, а именно, особенности паразита, влияние среды—температуры, влажности, кислотности, особенностей почвы, климата и т. д.

Считаю своим приятным долгом выразить глубокую благодарность проф. Н. А. Наумову за ценные руководящие указания в настоящей работе.

SUMMARY.

In the present investigation are studied the factors which cause the immunity of *Cruciferae* from *Plasmodiophora brassicae* Wor. Cultivated and wild plants belonging to the family of Cruciferae were planted on the soil abundantly infected with the spores of *Plasmodiophora*. The percent of infection has been exactly estimated. The results of the experiments are given in the plate 1, where the number of developed plants and the percent of infected ones are given. The plate shows that the degree of the immunity of the plant does not depend upon its systematic position.

The immune and not immune species of Cruciferae are studied in details and as especial attention paid to the anatomical structure and chemical peculiarities with the view to elucidate the factors upon which the immunity depends.

Among the organs of the plant the structure of the root is of great interest as in the natural conditions this part of the plant is injured before all. Because these investigations show that both injured and immune plants show the same primary structure of the root (fig. 2) the conclusion is that the immunity of the plant from *Plasmodiophora* cannot be explained by the characters of the primary structure of the root. If, however, the infection of plants in the first stages of their development does not depend upon their anatomical features, the fact should be emphasised, however, that in an adult plant the pene-

tration and spreading of the parasite may be hindered in a way by the corklayers, collenchyme and a more or less compact structure of wood layers (fig. 3).

As to the penetration of. the parasit into the plant it takes place through the root hairs (fig. 4) and epidermal cells(fig. 5). The parasite spreads over the tissues of the plant both actively (fig. 6) and passively (fig. 8). Under the influence of the parasite the cellular walls of the plant become friable (figs. 7 and 8) and their chemical composition undergoes changes.

The investigation into biochemical characters has shown, that in the family of Cruciferae are protective these glucosides of mustard oils which give volatile mustard oils of extremely poignant smell when being decomposed by the ferment myrosine. The immunity of plants from *Plasmodiophora* is due to the indicated volatile mustard oils. In the family of Cruciferae principally sinigrin, gluconasturtiin, glucotropaeolin and glucocochlearin represent glucosides producing volatil poignant smelling mustard oils. Glucoside sinalbine does not produce volatile mustard oils and hence does not protect from *Pl. brassicae*.

In the plate 3 is demonstrated the dependence between the degree of injuries, presence of mustard oils glucosides and root structure. It is readily seen in the plate that an exact parallelism exists between the immunity and the contain of volatile mustard oils. The indicated results correspond to Kossowitz's experiments, who has obtained total stoppage of the growth and development of fungi and bacteria under the influence of volatile mustard oils in 1:10000 concentration. With regard to this Sakharov's data are of interest; this author has observed the maximum injuries of the races of turnip which have most sugary cellsap while those having the most poignant cellsap are not injuried at all. Our conclusions are corroborated by these observations.

If really the presence of volatile mustard oils in the plant makes it immune from *Plasmodiophora* the following practical conclusion may be drawn from this: by interbreeding slightly immune races and those containing the indicated protective factor, new more immune forms may be obtained.

ЛИТЕРАТУРА

1. Abderhalden, E. Biochemisches Handlexikon. 1911, II, p. 714; IV p., 918.
2. Appel und Werth. Infectionsversuche. Mitt. K. Biol. Anst., 1910, X, p. 17.
3. Бондарцев. Опыт по борьбе с капустной килой. „Болезни растений", 1909, стр. 109.
4. Bremer. Untersuchungen über Biologie u. Bekämpfung *Plasmodiophora br.* Wor. Landw. Jahrb., 59, H. 5, p. 673.
5. Combes, R. Recherches biochimiques expérimentales sur le rôle physiologique des glucosides chez les végétaux. Rev. Gen. de Bot., 1917, 29. p. 320.
6. Cunniugham, G C. The comparative susceptibility of Cruciferous plants to *Plasmodiophora brassicae*. Phytopath., 1912, 2, p. 138.
7. Cunningham, G. C. Studies of club-root. II. Disease resistance of Cruciferes; methods of combating club-root. 1914, V, Agr. Exp. Stat, Bul.
8. Czapek, Fr. Biochemie der Pflanzen. I Aufl. 1905, II Aufl. 1914—1923.
9. Dennert. Cruciferen. Wigand's bot. Hefte. 1887, Heft I.
10. Errera, L. L'efficacité des structures défensives des plantes. Soc. Bot. Belg. 1886, 25, II part, p. 80.
11. Фаворский. Новые данные по цитологии и истории развития *Plasm. br.* Зап. Киевск. Общ. естествоисп. 1910, XX, № 4, стр. 149—183.
12. Freeman. E. M. Resistance and immunity in plant diseases. Phytopath. 1911, I, № 4, p. 109.
13. Gadamer. Archiv d. Pharmazie, 1897, 235, p. 44; p. 577.
14. Gadamer. Ibid. 1899, 237, p. 111; p. 510.
15. Guignard, L. Sur la localisation des principes qui fournissent les essences sulfurées des Crucifères. Compt. rend. 1890, CXI, p. 249, et 920.
16. Guignard, L. Sur la localisation des principes actifs des Crucifères. Journ. de Bot., 1890, 4, pp. 385, 412, 435.
17. Guignard, L. Sur quelques propriétés chimiques de la Myrosine. Bull. Soc. Bot. de France, 1894, 1, p. 418.

18. Halsted, B. D. Club-root of cabbage and its allies. New-Jersey agr. Exp. St. Bull. 98, 1893, p. 10—13.
19. Heinricher, E. Ber. d. deutsch. Bot. Ges., 1884, 2, p. 263.
20. Исаченко, Б. К вопросу об условиях поражения растений грибками. Бол. Раст. 1908, 1.
21. Ячевский, А. А. О значении селекции в деле борьбы с грибными заболеваниями культурных растений. Труды I Съезда деят. по селекц. в Харькове. 1911, вып. 2, стр. 22.
22. Jones, Ph. M. The relation of environment to disease in plants, Amer. Journ. of Bot. 1924., XI, p. 601—609 (Rev. Appl. Myc.,1925, p. 304).
23. Jones, Ph. M. Morphology and cult. history of *Plasmodiophora br.* Archiv. f. Protistenkunde, 1928, 62, p. 313.
24. Jorgensen, G. Untersuchungen über die aus Rapskuchen gewonnene flüchtige Senföle. Die Landw. Versuchsstat.. 1899, 52, p. 269.
25. Joshimoto, S. Zeitschrift f. Physiol. Chemie. 1908—09, 58, p. 360.
26. Карпеченко, Г. Д. Успехи генетики в области формообразования. Достижения и перспективы в области прикл. ботаники, генетики и селекции. Изд. Всес. Инст. Прикл. Бот. 1929, стр. 71.
27. Каттерфельд, Н. О. Некоторые наблюдения над *Plasmodiophora br.* Wor. Бол. раст. 1923, № 1, стр. 11.
28. Kinzel, W. Ueber die Samen einiger Brassica-und Sinapis-Arten. Die Landw. Versuchsst. 1899, 52, p. 169.
29. Kunkel, L. O. Tissue invasion by *Plasmodiophora br.* Journ. Agr. Res., 1918, XIV, № 12, p. 543.
30. Корневен, К. Ядовитые растения. 1895.
31. Kossowitz, A. Ueber das Verhalten der Bakterien zu Sinigrin. Zeitschr. f. d. Landw. Versuchswesen in Oesterreich. 1905, VIII, 7 Heft. Chem. Centrbl. 1905, II, p. 643.
32. Кречетович, Л. М. Ядовитые растения, их польза и вред. Сельхозгиз, 1931.
33. Lohrer, O. Beiträge zur anatomischen Systematik d. Wurzeln. Wigand's Bot. Hefte, 1887, H. II, p. 9.
34. Lutman, B. F. Studies on the club-root, Vermont Agr. Exp. St. Bull. 1913, 175.
35. Навашин, С. О тонком строении и превращениях *Plasmodiophora br.* Wor. в течение ее внутриклеточного развития. Русск. Арх. Патол., Клинич. Мед. и Бактер. 1900, IX, вып. 1, стр. 624.
36. Nawaschin, S. Beobacht. feineren Bau u. Umwandl. etc. Flora, 1899, 86, H. 5, p. 404—427.
37. Наумов, Н. А. Материалы по изучению капустной килы. Бол. раст. 1925.
38. Наумов, Н. А. Общий курс фитопатологии. 1926.
39. Сахаров, М. Об устойчивости некоторых сортов капусты и других крестоцветных к киле. Труды фитопат. Станц. при Моск. с.-х. Ин-те. 1916, вып . I.
40. Schaffnit u. Volk. Beiträge zur Kenntnis der Wechselbeziehungen zwischen Kulturpflanzen. Phytop. Zeitschr. 1930, I, H. 60, p. 535.
41. Schweidler, J. H. Die Systematische Bedeutung der Eiweiss-oder Myrosinzellen der Cruciferen. Ber. Deutsch. bot. Ges. 1905, XXIII, p. 274.
42. Schweidler, J. H. Die Eiweiss-oder Myrosinzellen der Gattung Arabis L. Beih. Bot. Centralbl. 1910, XXVI, p. 422.
43. Smith, W. J. Club-root of turnips etc. cabbages. Diseases of field and garden crops. 1884. p. 94.
44. Van Tieghem. Recherches sur la symmétrie de structure des plantes vasculaires. Ann. Sc. nat. Bot. V, sér. XIII, p. 238.
45. Вавилов, Н. И. Очерк современного состояния учения об иммунитете хлебных злаков к грибным заболеваниям. Труды Моск. Селекц. Станц. 1913, вып. 1.
46. Вавилов, Н. И. Иммунитет растений к инфекционным заболеваниям. Изв. Петр. с.-х. акад. 1918, вып. 1—4.
47. Wehmer, C. Die Pflanzenstoffe. Jena, 1911, p. 246.
48. Wellman, F. L. Club-root of Cruciferes. Techn. Bull. № 181. U. Spt. De. Agr.. Washington, 1930.
49. Wester, D. H. Berichte pharm. Ges. 1914, 24, p. 123.
50. Woronin. *Plasmodiophora brassicae.* Jahrb. f. wiss. Bot. XI, 1878, p. 548—574.

ОПИСАНИЕ РИСУНКОВ ТАБЛИЦ I—II.

Таблица I.

Растения в возрасте 2½ мес., пораженные килой:

1. Брауншвейгская капуста.
2. *Iberis amara.*
3. *Brassica arvensis.*
4. *Carrichtera vella.*
5. *Turritis glabra.*
6. *Alyssum desertorum.*
7. Капуста Белок Амагер.

Таблица II.

Поперечный разрез корней 3-месячных растений

1. Брауншвейгская капуста. В центре среза наблюдаются первичные сосуды, далее радиальными рядами расположены толстостенные элементы вторичной древесины. Древесина расщеплена радиально широкими сердцевинными лучами, вследствие чего принимает лучистый вид (I тип Лорера). На периферии древесины расположено камбиальное кольцо, снаружи которого находится луб с мощными пучками лубяных волокон. Далее следует тонкостенная паренхима первичной коры, которая заканчивается тонким пробковым слоем.
2. *Brassica nigra.* Лучистое строение древесины (I тип Лорера). Снаружи древесина состоит из широких сосудов.
3. *Isatis glauca.* Лучистое строение древесины (I тип Лорера).
4. *Brassica arvensis.* Компактная мощно развитая древесина. Сердцевинные лучи отсутствуют (II тип Лорера). Кора слабо развита. Пучки лубяных волокон.
5. *Barbarea vulgaris.* Центральный цилиндр обнаруживает частичное одеревенение: на периферии наблюдается компактное древесное кольцо, в середине же наблюдается неодеревеневшая древесная паренхима, в которую вкраплены изолированные группы сосудов (II тип Лорера). Снаружи центрального цилиндра наблюдается сплошное камбиальное кольцо, за ним мощно развитая кора, заканчивающаяся колленхимой и пробковым слоем. В коре наблюдаются пучки лубяных волокон.
6. *Arabis alpina.* Центральный цилиндр состоит из групп сосудов, неравномерно рассеянных среди неодеревеневшей паренхимы. Сердцевинные лучи отсутствуют (II тип Лорера). Наружный слой коры представлен в виде мощно развитой колленхимы.
7. *Alyssum desertorum.* Центральный цилиндр состоит из сплошного компактного древесного кольца, расположенного снаружи, в середине же наблюдается неодеревеневшая древесная паренхима, в которую вкраплены изолированные группы сосудов. Сердцевинные лучи отсутствуют (II тип Лорера).
8. Мощно развитый слой колленхимы в корне *Arabis alpina.*

EXPLANATION OF THE PLATES I—II.

Plate I.

$2^1/_2$ months'old plants infested by *Plasmodiophora.*

1) Brunswick cabbage. 2) *Iberis amara.* 3) *Brassica arvensis.* 4) *Carrichtera vella* 5) *Turritis glabra.* 6) *Alyssum desertorum.* 7) White cabbage Amager.

Plate II.

Transversal sections through the 3 months'old plants.

1) Brunswick cabbage. Primary vessels are seen in the centre of the preparation, radial rows of the thick walled elements of secondary wood are situated nearer the periphery. The wood is splitted into broad radial pith rays and thus acquires radial appearance (first Lorer's type). Cambial ring is situated on the periphery of the wood, bast layer containing large fascicles of bast fibres is external to the cambium. Still more exterior is the thin walled parenchyme of the primary bark, which is cowerd by a thin cork layer.

2) *Brassica nigra.* Radial structure of wood (first Lorer's type). Exterior layers of wood consist of broad vessels.

3) *Isatis glauca.* Radial structure of wood (frsit Lorer's type).

4) *Brassica arvensis.* Compact wood strongly pronounced. The pith rays are absent (second Lorer's type). Bark is slighter developed. Fascicles of bast fibres.

5) *Barbarea vulgaris*. The central cylinder shows a partial lignification: on the periphery there is a compact wood ring, in the middle a not lignified wood parenchyme is seen in which isolated vessel groups are scattered (second Lorer's type). The central cylinder is surrounded by uninterrupted cambial layer, which is followed by strongly developed bark the latter being covered by collenchyme and cork layer. Fascicles of bast fibres are seen in bark.

6) *Arabis alpina*. The central cylinder consists of vessel groups, scattered irregularly in the unlignified parenchyme. The pith rays are absent (second Lorer's type). The exterior bark layer is represented by a strongly developed collenchyme.

7) *Alyssum desertorum*. The central cylinder consists of uninterrupted compact wood ring, lying on the periphery, while in the middle the unlignified wood parenchyme is seen, in which isolated groups of vessels are situated. Pith rays are absent.

8) Strongly developed layer of collenchyme in the root of *Arabis alpina*.

Н. А. Наумова.

К выяснению влияния почвенных факторов на развитие килы крестоцветных.

(С 2 рис. и 3 таблицами).

N. A. Naumova.

A contribution to the knowledge of the influence of soil factors on the development of Plasmodiophora in Cruciferae.

(With. 2 figs. and 3 plates).

Стр.
I. Роль активной кислотности почвы 32
Вегетационные опыты с заражением 34
Морфология и анатомия больных корней 42
Интраматрикальное развитие паразита 44
II. Роль влажности почвы 44
Заключение 46
Резюме 47
Литература 49
Описание рисунков таблиц III—V 49

I. Роль активной кислотности почвы.

Вопрос о роли реакции почвенной среды в экологии организмов занял надлежащее положение сравнительно недавно, но за короткий период исследования дали массу материала, касающегося развития организмов в пределах определенного ряда pH, нередко относительно узкого. Имеется целая литература по изучению действия изменения реакции почвы на распространение или прекращение болезней, причиняемых грибами и бактериями. При распространении общих выводов и применении их к отдельным фактам пришлось скоро заметить, что это обстоятельство не есть нечто постоянное: pH среды не один и тот же при всех условиях и в свою очередь зависит от целого ряда различных факторов.

Исторически сложилось мнение, что действие килы—*Plasmodiophora brassicae* Wor. проявляется наиболее сильно на кислых почвах. В Англии появление килы на крестоцветных (капуста, брюква) служило одним из признаков нуждаемости почвы в извести. Эта связь развития гриба с количеством извести подчеркивалась в то время, когда еще не было современного учения о кислотности и адсорбции. В статье А. Т. Кирсанова (8) приводятся данные авторов того времени об этой связи (см. табл. 1).

Таблица 1

Процентное содержание CaO в солянокислой вытяжке из почв, зараженных и незараженных килой

Почва с мест	По Voelcker		По Hall
Зараженных грибом	0,14	0,084	0,13
Свободных от гриба	0,89	0,52	0,52

В борьбе с килой известкование применялось как в старое время, так и теперь, с большим успехом. Исследование этого процесса шло двумя путями: 1) изучением развития килы в естественных условиях в связи с известкованием почвы и 2) искусственным изменением реакции почвы внесением других веществ. Как правило, в опытах известкования наибольший эффект получался с увеличением дозировки извести; но бывали при этом необъяснимые случаи заражения.

Развитие учения о почвенной кислотности с уточнением методики исследования (колориметрический и электрометрический методы) положило новую эру в освещении и углублении роли pH в экологии организмов. Новейшими работами выявлена область pH, в пределах которой наблюдается развитие килы капусты. Показателем действия почвенной реакции являлась сама зараженность растений.

В 1928 г. Чепп (4), работая с естественно-кислыми почвами, вносит $Ca(OH)_2$ и серу. Максимальное развитие килы получилось при pH—6,0, значительное заражение при pH—6,6 (80%); при щелочной реакции (7,2—7,4) были следы болезни. По опытам Линдфорса, о которых упоминает Уэльман (13), зараженность капусты уменьшается с увеличением щелочности: где pH—7,8, все растения здоровы. В опытах Н. А. Наумова в 1925 г. (11) все же был значительный процент заражения при pH = 7,2. Особенно интересна американская работа Уэльман: в ней, кроме сводки применявшихся на практике различных веществ, в состав которых главным образом входит Ca, автор располагает большим материалом зараженных килою почв; в ста шестнадцати образцах, из обследованных двухсот полей, определена кислотность. В результате анализа оказалось, что кила встречалась везде, где pH был от 5 до 7,8, причем в числе частично зараженных полей была слабая разница в реакции больных и здоровых участков. Далее, иногда сильно зараженные поля имели большое количество природной извести. Возражать против данного явления не приходится, если непоставить только одного вопроса: не была ли заражена рассада до пересадки в поле? Результаты, полученные Аткинсоном (1), тоже не говорят об особом значении pH, так как сильно зараженная килою почва имела pH—6,6, а поле, свободное от килы, только 6,7; извести было в первом случае 0,17%, во втором—0,4%. Обратно, как бы подтверждением специфического действия почвенной реакции на килу служит распространение килы в Союзе: болезнь распространена на более кислых северных почвах, а пределом ее распространения являются более щелочные, богатые известью черноземы.

Все наблюдения над развитием килы в естественной обстановке не дают объяснения сущности явления и сводятся к накоплению огромного числа фактов, нередко противоречащих друг другу. Поэтому более перспективным должно быть другое направление исследования—метод искусственного изменения реакции почвы. Число подобных опытов очень велико. Мы остановимся лишь на тех работах, где было определение

концентрации водородных ионов в сопоставлении с зараженностью килою.

Наумов (12) стремился обосновать механизм действия Са и уяснить сущность задержки инфекции, а также выявить роль гидроксильных или водородных ионов. В результате опытов максимальная зараженность наблюдалась им при pH 6—6,5. Что касается действия Са, то оказалось, что и другие одно- и двухвалентные металлы, как K, Na, Mg и Ba, способны задерживать развитие килы. По Наумову основным фактором служит, повидимому, не особенность самой молекулы, а главным образом наличие гидроксильных ионов. Затем, автор говорит, что имеет большое значение форма вносимых в почву соединений; в зависимости от их растворимости и стойкости получается та или иная продолжительность их действия.

Действительно, в практике борьбы с килою положительные результаты получались и при применении веществ, в которые не входил Са и наоборот. Приведем один из полевых опытов Уэльмана. Начальное pH почвы = 7,2; внесение $Ca(OH)_2$ повышает реакцию до 7,3 и задерживает развитие килы; параллельно внесенный K_2CO_3 повышает реакцию до 8,1, но, однако, не задерживает развития болезни. Все это приводит Уэльмана к иному заключению, что токсическое действие извести на килу очевидно независимо от количества ионов Са или активных гидроксильных ионов, наблюдаемых при определении pH. Мнение последнего автора: токсичность вызывается отравляющим действием химических соединений на паразитный организм. На самом деле в этих полевых опытах при внесении $Ca(OH)_2$ и K_2CO_3 получились одни и те же анионы, так как $Ca(OH)_2$ переходит в почве в $CaCO_3$. Следовательно, неверен вывод Уэльмана: результаты его опытов показывают, что суть не в реакции, а в специфическом действии катионов.

Попыток изучения влияния реакции среды непосредственно на споры *Pl. brassicae* почти нет: кроме Бремера (2,3) никто не занимался этим вопросом. Это объясняется своеобразными биологическими особенностями организма и трудностью наблюдения над прорастанием спор. Со времени открытия Ворониным (1878 г.) возбудителя килы процесс прорастания спор почти никем не наблюдался и вызывал различные мнения и только за ближайшие годы у нескольких авторов получились тождественные наблюдения и выводы; поэтому проводившиеся в этом направлении опыты не могут иметь прямого значения. По новой методике, примененной Бремером, критерием жизнеспособности спор была их способность к плазмолизу в соляных растворах. Прорастание спор констатировалось по пустым оболочкам спор и происходило при pH = 5,4—7,5. По выводам последнего автора прорастание спор не является исключительной функцией от pH и не зависит от абсолютного количества Са в почве. В связи с мнением Чеппа, он приходит к заключению, что фунгицидные действия различных веществ объясняются скорее чувствительностью амеб (?), выходящих из спор, чем непосредственным действием на споры.

Эти литературные данные определенно указывают, что нет полной ясности в вопросах связи зараженности капусты килою с почвенной реакцией, а также в регулирующих моментах этого процесса.

Все вышеизложенное доказывает, насколько необходимо продолжать исследования над выяснением почвенной реакции и роли извести в развитии килы.

Вегетационные опыты с заражением на двух почвах.

Нами были поставлены опыты по вопросу изучения оптимальных условий развития килы в почве, в частности, роли pH и влажности. Изучать влияние pH почвы на развитие килы без ознакомления с самой почвой

в результате динамики которой создается этот фактор, нам мыслилось итти неверным путем. В связи с этим мы предполагали провести изучение почвы в отношении физико-химических свойств. В особенности нас интересовали явления поглотительной способности почв в связи с содержанием почвенных коллоидов; далее, какова активная роль кальция в явлении капустной килы. Такой план не был осуществлен полностью по независящим от нас обстоятельствам и пришлось ограничиться частичными анализами.

Чтобы выявить непосредственное влияние почвенной реакции на развитие килы, был поставлен вегетационный опыт с искусственным изменением pH двух типов почв: одна почва торфяно-перегнойная с огородов Охты (окраины г. Ленинграда), другая—слабо подзолистый, тяжелый суглинок из совхоза Гривцево (около станции Плюсса, Лужского района Ленинградского окр.); в предыдущем году на обеих наблюдалась кила.

С любезного разрешения проф. А. Т. Кирсанова, за что я ему чрезвычайно признательна, физико-химические анализы этих двух почв проведены лабораториями Института Агропочвоведения. Приношу также большую благодарность сотрудникам этого Института В. И. Парамоновой и М. Ф. Корнилову за консультацию.

На таблице 2 приводятся данные механического анализа этих двух почв.

Таблица 2

Результаты механического анализа двух почв

Типы почв	Фракции			
	1—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	<0,01
Тяжелый суглинок	8,50	35,50	15,25	39,75
Торф.-перегнойная	15,25	16,75	11,25	56,75

Почва разделена на фракции по диаметру частиц (в миллиметрах). По этим цифрам почвы очень различны между собой: для торфянистого перегноя характерно преобладание пылевидных частиц (< 0,01), которые занимают 56,75% всей массы; частицы крупнее этой фракции занимают между собой приблизительно равные порции: фракция от 0,05 до 0,01—11,25%; мелкий песок от 0,25 до 0,05—16,75%, а крупный песок от 1 до 0,25—15,25%. Количество последнего почти вдвое превышает содержание его в глинистой почве (8,50%). Для глинистой почвы пылевидных частиц приходится больше трети всех фракций—39,75%; фракция от 0,25 до 0,05 составляет 35,5%; крупного песка меньше всего—8,5%.

Среди механических элементов наиболее важной является мелкозернистая часть. В этом отношении эти две почвы оказались несравнимыми, так как пылевидные частицы в суглинке обусловливаются минеральными частицами, а в торфяной главным образом органическими.

На таблице 3 приводится анализ на виды кислотности и влагоемкости тех же двух почв.

Влагоемкость почвы зависит в большой степени от количества илисто-органических веществ. Как раз наибольшей полной влагоемкостью обладает торфяно-перегнойная почва—125,5%, при гигроскопичности в 7,17%; полная влагоемкость суглинка почти в четыре раза меньше—32,97% при 4,0% гигроскопической воды. Эта почва имеет менее высокую обменную способность основаниями—21,20%, тогда как огородная вдвое больше—57,98%. Все же они обе высоко насыщены основаниями, в частности каль-

Таблица 3

Анализ на виды кислотности и влагоемкости двух почв

Типы почв	Характерн. свойства						
	Гидрол. кислотность мг (экв.)	Обменные основания	Степень насыщенности основаниями	Дозировка в извести в тоннах	pH	Гигроскопичность	Влагоемкость
Тяжелый суглинок . . .	9,05	21,20	93,06	2,3	6,8	4,0	32,97
Торф.-перегн.	12,4	57,98	96,39	3,0	6,52	7,17	125,50

цием: 93,06% (тяж. суглинок) и 96,39% (торф.-перегной). Суглинистая почва известковалась в течение предыдущих лет; не лишено вероятности, что и торфянистая почва подвергалась известкованию; последнее не удалось установить точнее. Об этом говорят и величины pH: 6,8 и 6,52. Гидролитическая кислотность, выраженная в миллиэквивалентах углекислого кальция, показывает количество последнего, необходимое для устранения гидролитической кислотности в 100 г почвы. Гидролитическая кислотность тяжелого суглинка 9,05, а торфянистого перегноя больше: 12,4. Высчитанные на основании кислотности дозировки извести для этих почв так минимальны (2,3 и 3 т на га), что в практике не применяются. Следовательно, обе эти почвы не нуждаются в известковании.

Предполагалось для каждой почвы иметь pH от 4 до 9 с интервалом pH = 1. На основании кривых титрования (pH определялся электрометрическим методом) были установлены следующие дозировки серной кислоты и соды на каждые 10 г воздушно-сухой почвы (табл. 4).

Таблица 4

Данные кривых титрования двух почв

Типы почв	Количество децинормальных растворов				
	$\frac{n}{10}$ H_2SO_4 на 10 г почвы			$\frac{n}{10}$ Na_2CO_3 на 10 г почвы	
Тяжелый суглинок см³ .	3	1	0	4	10
„ „ pH .	4,7	5,75	6,87	7,88	8,42
Торф.-перегн. см³ . . .	5	2,5	0	5	20
„ „ pH . . .	4,77	5,5	6,52	7,55	8,4

Для титрования были взяты децинормальные растворы серной кислоты и соды. Первая и третья строки в таблице указывают необходимые количества растворов в куб. см для создания соответствующих величин pH (вторая и четвертая строки); ноль куб. см соответствует контролю. На торфяно-перегнойную почву потребовалось значительно больше щелочи и кислоты для создания одинаковой величины pH. Это явление объясняется сильной буферностью почвы, так наз. способности сопротивляться действию сильных кислот и щелочей, вызывающих изменение реакции.

Отсюда сделано перечисление на общий вес воздушно-сухой почвы отдельного сосуда. Отмеренные растворы разведены водой до определенного объема из расчета иметь влажность почвы в 80%. Так как теоретически вычисленные растворы соды превышали полную влагоемкость торфяной почвы, то для обеих почв были взяты не децинормальные, а нормальные растворы.

Определенное количество сухой почвы, отвешенное на сосуд, смачивалось раствором из ручного опрыскивателя и тщательно перемешивалось. Все это производилось в фарфоровых и эмалированных тазах и в тот же день проведена набивка сосудов: почва торфяная в оцинкованные (перед опытом были тщательно покрыты даммаровым лаком), почва суглинистая в стеклянные, в виду ограниченного количества ее; торфяной почвы на сосуд пошло 4 кг, а суглинистой 2 кг. Опыт в четырех повторностях.

Через сутки после набивки сосудов в них пересажена 30-дневная рассада брауншвейгской капусты, сильно восприимчивой к киле, в оцинкованные сосуды по 25 растений, в маленькие стеклянные по 12. Заранее семена капусты были высеяны нами в незараженную килою дерновую почву; ящики стояли в вегетационном домике. Для посадки отобраны одинаковые растения и корешки отмыты в воде от частичек почвы.

Для искусственного заражения взяты перезимовавшие киластые корни капусты. Споры были вполне жизнеспособны. Жизнеспособность спор проверялась плазмолизмом в 10% KCl, что дало хорошие результаты. К корневой шейке растения внесено по $^1/_4$ г размельченной и просеянной через мелкое сито киластой массы.

Капуста хорошо принялась во всех сосудах, за исключением серии с увеличенной дозой соды на суглинистой почве, где через несколько дней все растения погибли и серия из опыта выбыла. Капуста развивалась лучше на торфяной почве, чем на суглинке; однако, в сосудах с сильно подщелоченной почвой растения заметно отставали в росте. Через 24 дня опыт ликвидирован. Осмотр корневой системы показал, что во всех сосудах этих 2 почв произошло заражение килою, но в различной степени. Опыт проведен в течение 1930 г. с 22/VI по 22/VII в вегетационном домике на Еланом острове.

За время опыта pH почвы определен 4 раза: через сутки после набивки сосудов (перед посадкой), через семь суток, через 17 суток и в последний раз через 24 суток. Пробы почвы брались днем на уровне корневой шейки пробочным сверлом и ссыпались в Эрленмейеровские колбы, в которых потом определялся pH; количество почвы в этих пробах было по весу 40 г для торфяной и 20 г для суглинка в виду малого размера этих сосудов. Пробы на анализ брались с одного определенного сосуда каждой серии.

Ход изменения реакции в течение опыта в торфяной почве (Охта) приведен в таблице 5.

Таблица 5

Ход изменения реакции в торфяной почве

Внесенные вещества	Исходн. pH	Изменения pH			
		1	7	17	24
H_2SO_4	4,77	6,91	7,03	7,09	6,96
„	5,50	7,04	6,89	7,16	7,14
Контроль . . .	6,52	7,21	7,17	7,33	7,05
Na_2CO_3	7,55	7,63	7,47	7,49	7,37
„	8,40	7,97	7,88	8,12	7,95

Во втором столбце вертикальный ряд цифр показывает исходный pH, полученный на основании кривой титрования при соответствующих дозировках серной кислоты и соды, о которых говорилось раньше (см. табл. 4).

Следующие ряды дают pH, показанные почвенными пробами по истечении 1, 7, 17 и 24 суток с момента набивки капусты. Через первые сутки во всех сериях произошел сдвиг pH в сторону к нейтральной реакции и немного выше. Сравнивая горизонтальные ряды между собой, видим, что в общем величина pH отклонилась незначительно от первых суток и по сериям отклонения pH незначительны; таким образом, pH до конца опыта оставался приблизительно на одном уровне. Из сравнения величин pH можно видеть, что минимум pH = 6,89, максимум же доходил до 8,12.

В таблице 6 приведены полученные проценты заражения килой для каждой из четырех повторностей (римские цифры).

Таблица 6

Результаты искусственного заражения капусты килою на торфяной почве

Внесенные вещества	Исходный pH	Процент заражения				Средний процент заражения
		I	II	III	IV	
H_2SO_4 . . .	4,7	76	78,2	70,8	80	76,25
„ . . .	5,75	100	90,9	92	80	90,7
Контроль . .	6,87	78,2	78,2	84	80	80,2
Na_2CO_3 . .	7,88	28	36	39,1	42,8	36,4
„ „ . .	8,42	16	15	19	19	17,2

Капуста заразилась килою во всех сосудах. При сильной дозировке серной кислоты (исходный pH—4,7) во всех повторностях зараженность от 70,8% до 80%, больше зараженность при меньшей дозировке кислоты (исходный pH—5,75) от 80% до 100%; совпадает зараженность по повторностям у контроля: от 78,2% до 84%; значительно меньше зараженность в сосудах с содой: от 28% до 42,8%; минимальное заражение при сильной дозировке соды (исходный pH—8,42): от 15% до 20%. Средний процент заражения, выведенный из четырех повторностей, дает более резкую связь между внесенными веществами и зараженностью. Максимум заражения 90,7% при незначительном подкислении почвы; на контрольной почве зараженность меньше: 80,2%; близкий процент зараженности имеем в сосудах с сильно подкисленной почвой: 76,25%. Резкое снижение зараженности наступает при подщелачивании почвы содой: 36,48% при меньшей дозировке и 17,2% при большей дозировке.

Сопоставление результатов заражения с величиной pH дано в графике № 1. Проценты заражения взяты только из 1-й повторности, где определялась величина pH. В виду того обстоятельства, что в наших опытах pH измерялся четыре раза, возник вопрос, в связи с каким именно измерением связывать зараженность капусты. Не предрешая ответа, мы результат заражения рассмотрим в сопоставлении со всеми измерениями pH.

Каждая кривая дает одновременно величины pH в разных сосудах для каждого срока измерения (1, 7, 17 и 24 суток) и процент заражения, наблюдавшийся при ликвидации опыта[1]. При общей амплитуде pH от 6,9 до 8,1 имелась зараженность (в I повторности) от 16 до 100% (78,2% дал контроль).

Кривая AA_1 показывает установившийся pH через одни сутки (после набивки сосудов). Максимальная зараженность (100%) при pH—7,0. Вправо

[1] В графике цифры, показывающие величины pH, округлены с точностью до 0,1.

и влево от этой нейтральной точки кривая падает: при pH—6,9 зараженность меньше: 76%; близка к этой цифре зараженность (78,2%), где реакция уже щелочная, pH—7,2. Далее кривая стремительно падает вниз: зараженность 28%, где pH—7,6 и минимальная зараженность 16%, где pH 8,0.

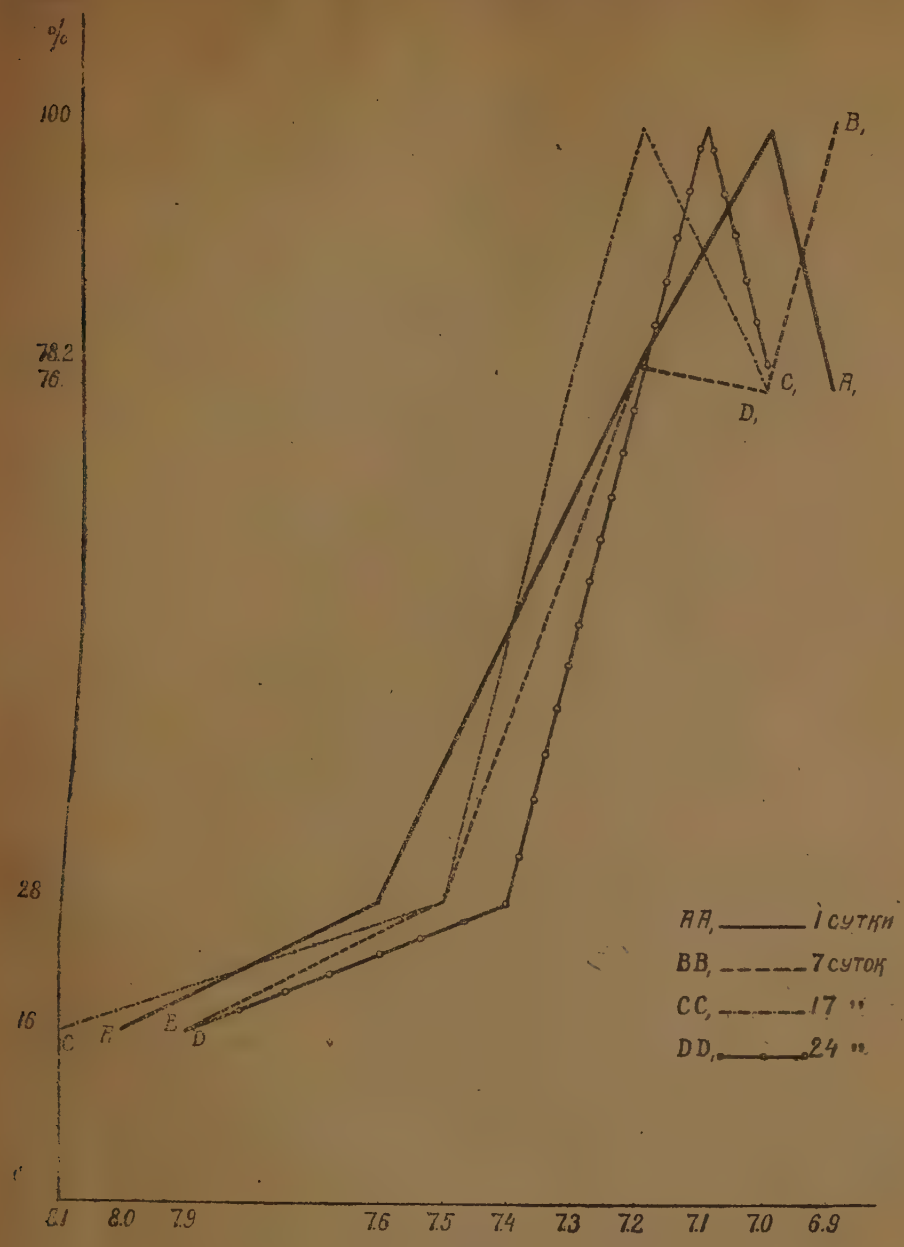


График 1.

Кривая BB_1 показывает величины pH, установившиеся через семь суток. Максимальная зараженность (76%) при pH—7,0; далее кривая немного поднимается вверх: зараженность 78,2% при pH—7,2. Затем кривая также

падает с увеличением щелочности: 28% заражения при pH—7,6 и минимальная при pH—7,9.

Параллелизм наблюдается в положении кривых CC_1 (pH определялся через семнадцать суток) и $ДД_1$ (pH определяется через двадцать четыре сутки). Максимум заражения при pH—7,2 (CC_1) и pH—7,1 ($ДД_1$); меньше 78,2% заражения при pH—7,3 (CC_1) и pH—7,0 ($ДД_1$); близкая к последней зараженность 76% при pH—7,0 (CC_1 и $ДД_1$). Далее с увеличением величины pH кривые резко спускаются вниз: зараженность 28% при pH—7,5 (CC_1) и pH—7,4 ($ДД_1$); минимальная зараженность при pH—7,9 и 8,1.

В итоге получилось следующее: максимум заражения приходится на величины pH—7,0, 7,1, 7,2; меньше заражения 76 и 78,2% получилось при аналогичных величинах pH—6,9, 7,0, 7,2; где щелочная реакция почвы, там зависимость более четкая: 28% заражения в пределах pH—7,4, 7,5 и 7,6 и минимум заражения, где pH—7,9, 8,0 и 8,1. Таким образом, оптимум заражения килою находится около нейтральной реакции; минимум заражения, что известно, при щелочной реакции. Действие кислой реакции отражено не рельефно, так как из-за большой буферности почвы произошло только незначительное ее подкисление и этот ряд pH очень узок.

Можно сказать, что почти аналогичные результаты получены из опыта с суглинистой почвой, которые приводятся в таблице 7.

Таблица 7

Ход изменения реакции в суглинистой почве

Внесенные вещества	Исходные pH	Изменения pH			
		1	7	17	24
H_2SO_4 . . .	4,7	5,79	5,14	5,02	5,18
„ . . .	5,75	5,77	5,93	5,80	6,0
Контроль .	6,87	6,53	6,59	6,38	6,25
Na_2CO_3 . .	7,88	7,98	7,63	8,03	7,71
„ „ . .	8,42	8,71	9,14	8,85	8,84

Также спустя сутки по набивке сосудов произошел сдвиг pH в сторону повышения; после этого величина держалась более или менее на том же уровне; лишь в последней серии сильно подщелоченной почвы через 7 суток pH поднялся до 9,14. Однако, в силу меньшей буферности этой почвы, по сравнению с первой, общий сдвиг слабее и благодаря этому получился более широкий предел pH: от 5,02 до 9,14.

Если сопоставить величины pH с средним процентом зараженности килою, то и на этой почве получается та же зависимость, как на торфяной. Хотя на суглинке и удалось добиться более широкого ряда pH (от 5,02 до 9,14), однако, фактически опыт проведен только до pH=8,0, так как капуста погибла при более щелочном ряде. Зараженность оказалась значительно меньше и граница уже: в среднем констатировано только 20, 27, 29,1 и 33,3% заражения.

Результаты заражения на этой почве приведены в таблице 8.

Капуста заразилась во всех сосудах. При сильной дозировке серной кислоты (pH = 4,7) зараженность килою встречается от 25 до 33,3%. При меньшей дозировке зараженность от 16,6% до 41.6%; в этом случае не получилось согласования во всех четырех повторностях. Контроль дал зараженность от 25% до 41,6%; меньше всего зараженность получилась на подщелоченной почве: от 10% до 30%.

Таблица 8

Результаты искусственного заражения капусты килою на суглинке

Внесенные вещества	Исходный pH	Процент заражения				Средний процент заражения
		I	II	III	IV	
H_2SO_4 . . .	4,7	33,3	33,3	25	25	29,1
„ . . .	5,75	41,6	25	16,6	25	27
Контроль .	6,87	33,3	25	41,6	33,3	33,3
Na_2CO_3 . .	7,88	20	10	20	30	20

Как упоминалось уже, усиленная дозировка соды на этой почве сказалась отрицательно на развитии капусты и эта серия выпала из опыта через

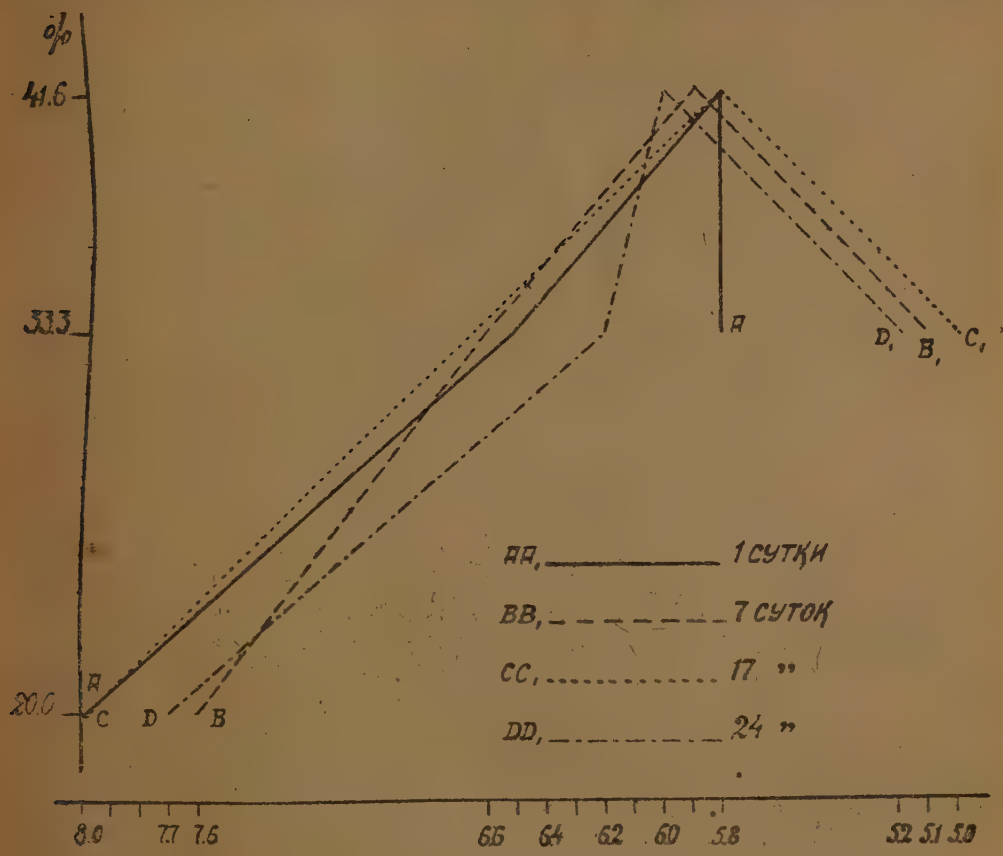


График 2.

несколько дней. Средний процент зараженности рельефно отражает действие внесенных веществ на зараженность килою. Контроль дает максимальную зараженность в 33,3%, серная кислота понижает немного зараженность до 27 и 29,1%; сода дает минимальную зараженность 20%.

Связь между величиною pH и заражением килою представлена на графике 2, схема которого одинакова со схемой графика 1, причем процент заражения взят также только из I повторности, в которой определялась величина pH[1]. Кривые AA_1, CC_1 достигают верхней точки, где зараженность 41,6% при pH = 5,8; той же точки достигают кривые BB_1 и $ДД_1$ при соответственных границах pH: 5,9 и 6,0. Все кривые понижаются от этой точки вправо (33,3% заражения); кривым CC_1, BB_1 и $ДД_1$ при этом соответствуют следующие близкие между собою величины pH: 5,0, 5,1, 5,2; только кривая AA_1 дает отклонение pH—5,8. Влево от кульминационной точки все кривые также падают; тот же процент заражения (33,3) дают кривые BB_1 и CC_1 при pH = 6,6, а AA_1 при pH = 6,5. Сильное падение всех кривых, т. е. снижение заражения (20%) при щелочной реакции: кривым AA_1 и CC_1 соответствует pH = 8,0 кривой $ДД_1$ pH = 7,7, кривой BB_1 pH = 7,6.

Следовательно, на суглинке максимальное заражение килою произошло при слабо кислой реакции. Выше и ниже этой границы зараженность меньше; минимум заражения встречается при щелочной реакции.

Морфология и анатомия больных корней.

При рассмотрении внешнего вида больных корней капусты, полученных в сосудах данного опыта, оказалось, что *морфологически* больные корни тоже различны и типичны для каждой серии. Величина опухолей на главных корнях варьирует в зависимости от почвенной реакции.

На первом месте по размерам опухоли капуста на торфяно-перегнойной почве из серии менее подкисленной почвы pH — 7,04 (табл. III, рис. 1); контрольные больные растения (т. е. на естественной почве) мало отличаются от них (рис. 2). В обеих сериях опухоли цилиндрической формы, закругленные у корневой шейки. Опухоли из серии сильнее подкисленной почвы (pH=6,91), по величине несколько меньше (рис. 3). Как говорилось уже, на сильно подщелоченной почве капуста развилась слабее: рост меньше, листья мельче. Соответственно развитию растений здесь и величина опухолей на больных экземплярах была меньше (рис. 4). В сосудах с меньшей дозировкой соды симптомы болезни слабо выражены: главные корни слегка утолщены (вдвое, втрое), боковые корешки вздуты и характерно закручиваются (рис. 5).

Соответственно развитию капусты на суглинистой почве, которая росла хуже, чем на торфяно-перегнойной, уменьшается величина опухолей больных растений. Максимальные размеры опухоли у растений на почве с меньшей дозировкой кислоты; форма их веретеновидная (рис. 6). Противоположно предыдущему опыту на почвах с большей дозировкой кислоты главные корни только вздуты вдвое-втрое (рис. 7); встретился один экземпляр, где опухоль была 1,5 см длиною и 0,5 см диаметром. Размеры опухоли у больных растений в контрольных сосудах с естественной почвой (рис. 8) совпадают с теми, которые имелись на растениях с слабо подкисленной почвой. На больных растениях с щелочной почвы опухолей нет, (рис. 9), а имеются утолщения главных и боковых корешков протяжением в 1 см; диаметр их увеличивается вдвое; концы корешков закручиваются.

Подобные наблюдения, проведенные на всей массе больных растений, давали более выпуклую картину, чем мы имеем на фотографии.

В общем внешний вид больных корней, в смысле размеров опухоли, сходен между собою на этих разных почвах и находится в соотношении с почвенной реакцией: щелочная реакция подавляет развитие

[1] По техническим соображениям масштаб иной, чем в графике 1: по вертикали увеличен вдвое, по горизонтали уменьшен втрое.

опухолей, обратное наблюдается при кислой реакции и при нейтральной.

Анатомия корневой системы. Развитие растений тесно связано с свойствами почвы и растение реагирует на всякие изменения, происходящие в ней; особенно это должно сказаться на корневой системе, находящейся в непосредственном соприкосновении с почвой. Искусственно изменяя реакцию почвы и этим создавая различные условия роста растения хозяина, мы наблюдали в зависимости от этого различный характер поражения. Естественно возникают вопросы: какие изменения происходят в связи с этим в самом растении и как они отражаются на паразите, находящемся внутри тканей, и на их взаимоотношениях.

Микроскопический анализ корней капусты всей серии двух почв проведен по ликвидации опыта, т. е. 24 суток после пересадки в искусственные условия. Поперечные срезы сделаны около корневой шейки. Приводим для примера описания более характерных признаков отдельных типов. Это описание иллюстрируется фотографиями с микротомных срезов, на которых эти признаки, однако, в некоторых случаях недостаточно ярко проявлены.

Контроль (нормальная почва, табл. IV, рис. 14), pH = 6,53, почва суглинок. Строение корня нормальное: центральный цилиндр резко отграничен от коровой части; так же хорошо развиты первичная и вторичная кора; нормально строение лубяных пучков. Отношение диаметра центрального цилиндра к толщине коры (первичной и вторичной вместе) равно 5 : 1; отношение диаметра вторичной коры к первичной как 1,5 : 1. Аналогично строение корня контроля с торфяно-перегнойной почвой (рис. 13).

Сильно подкисленная суглинистая почва (рис. 15); pH = = 5,79. Характерно неполное одеревенение сосудов центрального цилиндра, вследствие чего клетки к периферии тонкостенные и нет ясной границы между центральным цилиндром и корой. Лубяные пучки тонкостенны, разбросаны и не типично выражены. Отношения вышеуказанных частей — $4^1/_3$: 1 и 5: 3. На торфяно-перегнойной почве картина сходна с предыдущей.

Слабо подкисленная торфяная почва; pH = 7,04. Так же происходит задержка в одеревенении сосудов периферии и нет ясной границы с корой. Лубяные волокна все же хорошо развиты. Та же картина на суглинке.

Сильно подщелоченная торфяная почва (табл. IV, рис. 10); pH = 7,97. Особенно сильно развит центральный цилиндр, но резкой границы с корой нет, как будто продолжается процесс одеревенения за счет клеток коры. Лубяные пучки редки; объем клеток коры значительно мельче, чем у контроля и на подкисленной почве. Отношения вышеуказанных частей как 7,5 : 1 и 2 : 1.

Слабоподщелоченная суглинистая почва (табл. IV, рис. 11); pH = 7,98. Сильно развит центральный цилиндр и все колленхимные части. Вторичная кора развита слабее первичной; лубяные пучки имеют тенденцию к слиянию в сплошное кольцо. Клетки коры уменьшены в объеме. Отношения вышеуказанных частей как 7 : 1 и 2 : 3.

Сопоставляя анатомическую структуру корней капусты на разных почвах при окислении и подщелачивании их, можно видеть определенный параллелизм между ними: при кислой реакции задерживается процесс одеревенения и преобладает развитие коровых частей; при щелочной реакции, наоборот, процесс одеревенения преобладает, подавляется деятельность камбия и кора развивается слабее.

Интраматрикальное развитие паразита.

Анатомические срезы через опухоли спустя двадцать четыре дня после искусственного заражения обнаружили своеобразное явление: фазы развития *Pl. brassicae* были не везде одинаковы в зависимости как от типа почвы, так и от реакции в пределах одной почвы.

На торфянистом перегное, на котором отмечена вообще большая степень зараженности и поражения килою, паразит в тканях растения достигает к этому времени последней стадии развития, приступая к спорообразованию. Этот процесс скорее заканчивается у контроля с нормальной почвой, подкисление же и подщелачивание почвы, как будто, замедляют развитие гриба и спорообразование происходит только по всей периферии корня, куда прежде всего попадает гриб и где он скорее всего распространяется.

На суглинке, как говорилось, степень заражения и поражения килою была слабее. Развитие гриба в этом случае идет медленнее и гриб в пораженных корнях в тот же срок находится в стадии, предшествующей спорообразованию — в виде плазмодия.

Для объяснения такой задержки на суглинистой почве можно высказать два предположения: почвенная реакция действует непосредственно в свое время на споры, этим ускоряя или задерживая момент проникновения гриба, или же развитие гриба в тканях хозяина зависит от био-химических и других изменений растений, возникающих под вниянием внесения в почву кислоты и щелочи[1]. Без соответствующего анализа нельзя ответить на последнее предположение; что же касается первого, то оно очень вероятно, так как в наших опытах обнаружилась определенная зависимость между процентом зараженности и степенью поражения. Например, максимальная зараженность капусты на слабо подкисленной торфянистой почве 90,7%, а на контрольной 80,2%; при этом встречаются наросты наибольшей величины. На той же почве, сильно подщелоченной, встречается минимум заражения 18,2% и наросты мелкие. То же явление наблюдается и на суглинке. Как показали наши исследования, гриб может проникать в растение уже через сутки, что согласуется с последними иностранными данными.

II. Роль влажности почвы.

Вопросу значения влажности почвы в развитии килы в литературе уделено много внимания, но мало попыток экспериментально точным методом проанализировать действие этого фактора. Только Монтейт (10) нашел необходимым дифференцировать влияние влажности и отделить этот фактор от других изменяющихся факторов, как почвенная реакция, аэрация, содержание гумуса. В проведенных опытах он ограничился изучением непосредственного влияния различной влажности на зараженность капусты килою. Градации влажности в его опытах были таковы: 30, 45, 60, 75, 80 и 105% от полной влагоемкости почвы. Результаты: при 45% влажности не последовало заражения; оптимум 75%; при 105% влажности корни капусты так сильно размягчались, что их трудно было вынимать из почвы. Отсюда мнение автора, что в насыщенной водой почве рост килы обычно приостанавливается; затем им отмечается, что усиленное развитие растения стимулирует величину опухолей. Однако, многолетними опытами Евтушенко (5) отмечается хорошее развитие капусты в пределах влажности от 40 до высокого предела 120%.

Эти результаты интересно сравнить с нашим аналогичным опытом. Нами взята вышеописанная торфяно-перегнойная почва при пяти вариа-

---

[1] Сопоставить развитие гриба на этих двух почвах не представляется возможным.

циях влажности (от 125% полной влагоемкости): 30, 45, 60, 80 и 100%. Рассада (27-дневная со стерильной дерновой почвы) браунгшвейгской капусты посажена в оцинкованные вегетационные сосуды, по 20 растений в каждый. Для искусственного заражения киластая однородная масса внесена в количестве ½ грамма к корневой шейке. Опыт в 3 повторностях, через месяц ликвидирован.

Результаты опыта приводятся в таблице 9.

Таблица 9

Влияние влажности почвы на зараженность капусты килою

Процент влажности	Процент зараженности			Средний процент зараженности
	I	II	III	
30	0	0	0	0
45	23,5	31,7	21,3	25,8
60	41,4	64,7	68,7	58,2
80	63,1	75,0	83,3	73,8
100	62,5	61,1	78,9	67,5

Римские цифры соответствуют повторностям опыта. Проценты заражения совпадают по повторностям для каждой серии влажности. При 30% влажности заражение не наступило; минимальное заражение при 45% влажности: от 21,3—31,7% при среднем проценте, равном 25,8. С увеличением влажности как отдельные, так и средние проценты заражения возрастают: при 60% влажности наблюдалось от 41,4 до 68,7% заражения, в среднем — 58,2%; максимальная зараженность наступила при 80% влажности: от 63,1 до 83,3%, в среднем 73,8%. Далее избыток влажности становится менее благоприятным для развития килы и абсолютные проценты заражения снижаются: 61,1, 62,5 и 78,9%, а средний процент заражения равен 67,5%. За исключением 30% влажности капуста развивалась нормально, но при 45% развитие слабее, чем при увеличенных процентах влажности.

Внешний вид больных корней типичен для каждой серии влажности. Меньшая величина опухолей при 45% влажности (табл. V, рис. 17), с увеличением же влажности опухоли увеличиваются в объеме, становясь максимальными при 80—100% влажности (см. табл. V, рис. 18, 19 и 20). На это явление указывает и Монтейт в упомянутой работе.

По примеру опыта с pH, корни исследованы анатомически после ликвидации опыта. Результаты получились довольно показательные. Если принять за норму тип корней при 60% влажности (табл. IV, рис. 12), то ценральный цилиндр ясно выражен, но не резко отграничен от коры: по его окружности заметны ряды тонкостенных, неодеревеневших клеток; хорошо выражена вторичная кора с лубяными пучками. Диаметр центрального цилиндра относится к толщине коры (первичной и вторичной вместе), как 4:1; толщины вторичной и первичной коры, как 1,5:1.

Очень отличается строение корней при 45% влажности (табл. IV, рис. 16): резко выражены центральный цилиндр и граница с корой; подавлено развитие вторичной коры: лубяные пучки единичны. Отношение указанных величин как 4:1 и 4:5.

Иная картина по сравнению с нормой и с предыдущей получается при влажности выше оптимальной—80%. Характерно подавление развития центрального цилиндра; оно проявляется в том, что нет резкого перехода к коре, наоборот, увеличивается число рядов неодеревеневших тонкостенных клеток на периферии. Отношения диаметра центрального цилиндра к коре суживаются: 2:1. Лубяные пучки чрезвычайно слабо развиты.

При 100% влажности увеличивается развитие коровой части; особенно крупны клетки первичной коры.

Анатомические исследования корней капусты, произведенные на основании достаточного количества срезов, в среднем около пяти растений, позволяют заключить, что при низкой влажности почвы преобладает раз-

витие механических тканей центрального цилиндра. При высокой влажности происходит обратное явление: подавляется развитие центрального цилиндра и усиливается развитие коры.

Некоторое расхождение с данными Монтейта, как, например, понижение минимума заражения с 60 до 45% влажности, затем нормальное развитие корней капусты при 100% влажности, вероятно, объясняется индувидуальными свойствами почв, в итоге чего, наряду с другими неизвестными нам реакциями, может создаться различное количество общей доступной растению воды, на которое реагирует растение и гриб.

Заключение.

Полученные данные позволяют сделать некоторые обобщения. С первого взгляда на две взятые нами почвы отчетливо выступает значение pH. Если же обратить внимание на контроль с нормальной почвой, то поражает резкое различие в числе зараженных растений на суглинке (33%) и торфяном перегное (80,2%) при одном и том же количестве инфекции (1/4 г.), внесенной к отдельному растению. Причина остается невыясненной; однако, произведенные анализы почв и анатомические исследования корней капусты вскрывают более сложные взаимоотношения между паразитом, растением и почвой, которые и необходимо изучать в дальнейшем. По произведенным почвенным анализам весьма вероятно, что доступная растению вода (больше двойной гигроскопичности) неодинакова на этих почвах. В виду почти учетверенной величины полной влагоемкости торфяной почвы (125,5% при 32,97% для суглинка), даже принимая во внимание ее большую гигроскопичность (7,17% при 4% для суглинка), можно полагать, что при одной насыщенности (в опытах была взята 80% влажность) доступная растению вода будет больше на торфяном перегное, чем на суглинке.

Взятые почвы были насыщены известью и благодаря этому обстоятельству непосредственное действие извести в опыте стушевалось. Тем не менее это не помешало проявиться болезни и в сильной степени на контрольных растениях.

Известкование, как мера борьбы с килою, признается как нельзя более эффективным. Значение извести в плодородии почв огромно: 1) питательные вещества, 2) улучшение физических свойств, 3) нейтрализация почвенной кислотности. Но для определения потребности почв в извести современная агрономия уже не удовлетворяется одним измерением концентрации водородных ионов, а базируется еще на определении содержания обменного кальция и буферности. Дозировка, основанная на гидролитической кислотности, имеет целью, в лучшем случае, довести реакцию до нейтральной. Фактически против килы надо брать больше. Сколько и насколько целесообразно проводить известкование с целью борьбы против килы, может показать лишь физико-химический анализ данной почвы. На последнее обстоятельство следует обратить внимание фитопатологов. Обычно приводимые в учебниках и популярных статьях нормы извести для борьбы с килою выработаны из практики и не являются показательными для всех почв, даже в пределах одной и той же актуальной кислотности. Совершенно не учитывается буферность почвы, без чего в эффективность мероприятий вносится элемент случайности. Необходимо уточнить нормы совместно с почвоведами.

Выводы.

На основании проведенных нами опытов и исследований можно притти к следующим выводам:

1) Заражение капусты килою наблюдается от 45 до 100% влажности почвы (от полной влагоемкости); 30% влажность прекращает развитие килы;

минимум заражения наступает при 45%, а оптимум находится около 80%.

2) Зараженность капусты килою констатирована в пределах pH 5,7—8,4; оптимальные условия для заражения при величине pH, приближающейся к нейтральности; при кислой реакции зараженность меньше, при щелочной резко понижается.

3) Капуста, пересаженная в 27—30-дневном возрасте, реагирует на изменение почвенной влажности и реакции. Изменения влажности отражаются на анатомическом строении корней: при 45% влажности вырабатывается тип, приближающийся к ксерофитному; при избытке влажности (80% и более) более гидрофитный.

При внесении серной кислоты отчасти происходят анатомические изменения аналогично действию избытка влаги; сода производит эффект минимальной влажности.

4) Развитие гриба в тканях до известной степени регулируется анатомическим строением. В корнях ксерофитного типа преобладает развитие механических элементов в ущерб коре и развитие гриба ограничено. У гидрофитного типа задерживается развитие механических тканей, усиленно развивается кора и стимулируется распространение гриба.

5) Наблюдается определенная связь между восприимчивостью капусты к киле, степенью поражения, анатомическим строением корней, почвенной влажностью и реакцией.

Следовательно, нельзя ограничиваться установлением зависимости заражения только от pH, не учитывая ряда других свойств почвы.

SUMMARY

The purpose of the present work is to elucidate the rôle of pH in the development of *Plasmodiophora brassicae*. Two sorts of soil have been experimentally investigated: heavy clayey (of slightly podzol type) and turfy humus (of kitchen garden type). Mechanical analysis and that of the types of acidity show that neither of the indicated soils requires lime (plate 3). The vegetation experiment has been based on the artificial change of pH in the soils by the action of sulphuric acid and sodium carbonate before the implantation of cabbage. The doses are calculated on the basis of titration curves (by electrometric method). Thirty days old uninfested cabbage plants (Brunswick sort) were transplanted into vegetation pots containing turfy humus (25 plants in each pot) and into glass jars containing clayey (12 plants in each). At the moment of transplantation the cabbage was artificially infested by *Plasmodiophora*. Four records of the change of pH were taken: 24 hours, 7 days, 17 days and 24 days after the transplantation. The process of the pH change is shown in the plates 5 and 6. Owing to the pronounced buffer condition of the kitchen garden soil a very narrow range of pH was resulted in, namely that between 6,89 and 8,12. The maximum infestation percent is recorded at pH 6,8—7,1 the minimum one at pH 7,8—8,1 (diagram 1). A more extensive pH series: from 5,02 to 9,14 was obtained on clayey. The latter value influenced the development of cabbage unfavourably and in fact pH 8,0 was reached in the experiment. The infestation of cabbage in clayey is less considerable: between 20% and 33%. The minimum infestation at pH 6,2—6,5. The first minimum at pH 7,6—8,0, the second minimun at pH 5,0—6,0 (diagram 2). The significance of pH becomes quite obvious on comparing the two above soils. The control experiments show how markedly different is the percentage of the infested plants in the two soils: 33% in clayey and 80,2% in turf humus while the amount of infectation is the same in both (0,25 gr. of the *Plasmodio-*

phora mass per plant). The cause of this remains unknown; but the analyses of soils and the anatomical investigations of roots show that there is some more complicated interdependence between the parasite, plant and soil which are necessary to study in subsequent work. The immediate action of lime was masked owing to the fact that the samples of soil used in the experiments were saturated by it. This did not interfere, howerer, with the high degree of the manifestation of the disease in control plants. The modern agronomy does not consider sufficient to measure the concentration of hydrogene ions. For the estimation of the amount of lime necessary for soils. The determination of buffer condition and of the amount of exchange calcium are necessary. The purpose of the doses based on hydrolytic acidity is in the best case to make the reaction neutral. In fact one has to use more against *Plasmodiophora*. How reasonable may be the lime treatment in the control measures against *Plasmodiophora* that may be answered only after the chemico-physical analysis of a given soil. The attention of phytopathologists should be paid to this circumstance. The lime doses usually given tn textbooks and pamphlets for the *Plasmodiophora* control are elaborated in practice and are not characteristic for every soil even within the limits of a given active acidity. One does not take into consideration the buffer condition of soil which makes the efficiency of measures dependent upon occasional factors. A collective work of phytopathologists and agronomists is necessary to make the doses more exact.

The influence of the humidity of soil on the development of *Plasmodiophora* in the turf humus was also studied by the same method as in the preceding experiment. The following conclusions may be drawn from the obtained results.

1) The infection of cabbage by *Plasmodiophora* is observed when the humidity of soil ganges from 45 to 100% (of the complete water capacity); 30% of humidity represent an infavourable medium for the *Plasmodiophora* development; 45% and 80% of humidity result in minimum and optimum infestation respectively.

2) The iniestation of cabbage by *Plasmodiophora* is recorded between 5,7 and 8,4 of pH; the values of pH approaching to neutrality are the most favourable for infestation; the infestation is lower under the sour reaction, and is very much lowered under the alcaline one.

3) Cabbage transplanted in the age of 27—30 days is influenced by the change of humidity and reaction of the soil. Anatomical alternations of roots are resulted from the changes of humidity; under 45% of humidity the type of roots becomes similar to xerophyte one; under the excessive humidity (80% and more) they resemble hydrophyte type. The action of sulphuric acid partly results in some anatomical alternations like it is the case when there is excess of humidity; sodium carbonate produces the effect of a minimum humidity.

4) The development of the fungus in the tissues is partly regulated by the anatomical structure of the latter. In the roots of xerophyte type mechanical elements are preponderant and the development of the fungus is restricted to definite limits. In hydrophyte type the mechanical elements are much less developed while the bark is much pronounced and accordingly the spreading of the fungus is stimulated.

5) There is a definite dependence between the susceptibility of the cabbage to *Plasmodiophora*, the degree of infestation, the anatomical structure of roots, the soil humidity and reaction.

Consequently it is advisable to establish the dependence of infestation upon the pH concentration only, leaving out of attention a number of other soil properties.

ЛИТЕРАТУРА

1. Atkinson. Club-Root of Cabbage.—Botan. Notes, South Carolina Exp. Sta., Ann. Rept. 1, pp. 15—18, 1889.
2. Bremer. Untersuchungen über Biologie und Bekämpfung der Erregers der Kohlhernie Plasmod. brass.—Landw. Jahrb., LIX, 2, pp. 227—243, 1923.
3. Bremer. II Mitt. Kohlhernie und Bodenazidität.—Landw. Jahrb., LIX, 5 pp. 673—685, 1924.
4. Chupp, C. Club-Root in relation to soil alkalinity. — Phytopath., V, 18, pp. 301—306, 1928.
5. Евтушенко. Отчет о работах Отдела за 1919—1925 гг. Харьковск. Обл. Сельск.-Хоз. Оп. Ст.
6. Jones, Ph. M. Morphology and cultural history of Plasm. brass. Wor.-Archiv für Protistenkunde, LXII, 2—3, pp. 313—327, 1923.
7. Кирсанов, А. Т. Важнейшие моменты практики известкования. Изд. ГИОА, стр. 1—60, 1929.
8. Кирсанов, А. Т. Известкование, как фактор урожайности. Сельхозгиз, стр. 1—158, 1930.
9. Lutman. Studies on the Club-Root.—Vermont. Agric. Exp. St., Bull. 175, pp. 1—27, 1913,
10. Montheith, J. Relation of soil temperature and soil moisture to infection by Plasm. br. — Journ. Agric. Res., XXVIII, 6, pp. 549—561, 1924.
11. Наумов, Н. А. Материалы по изучению капустной килы. „Бол. растений", № 2—3, стр. 1—24, 1925.
12. Наумов, Н. А. Действие кальция и некоторых других металлов при заражении капусты килою.—Ibidem., IV, № 2, стр. 1—9, 1927.
13. Wellman. Club-Root of Cruciferous. — Techn. Bull. № 181, Bureau of Plant Industry, april, 1930.

ОПИСАНИЕ РИСУНКОВ ТАБЛИЦ III—V.

Таблица III.

Рисунки 1—5 и 6—9. Капустная кила из опытов искусственного заражения на торфяно-перегнойной и суглинистой почве с различной величиной pH.

Рис. 1. Опухоли достигают максимальной величины в менее подкисленной торфяно-перегнойной почве.

Рис. 2. Величина опухолей мало отличается от предыдущей на контрольной почве (без искусственного изменения pH).

Рис. 3. На сильнее подкисленной почве опухоли несколько меньше.

Рис. 4. Значительно меньше опухоли на сильно подкисленной почве.

Рис. 5. Симптомы болезни слабо выражены на менее подщелоченной почве.

Рис. 6. На суглинистой почве в серии менее подкисленной встречаются наиболее крупные опухоли.

Рис. 7. Главные корни слегка вздуты на сильно подкисленной почве.

Рис. 8. На контрольной почве размеры опухолей совпадают с серией слабо подкисленной.

Рис. 9. В серии слабо-подщелоченной на корешках имеются только утолщения.

Таблица IV.

Анатомическое строение корня капусты из опытов на влияние почвенной реакции и влажности (рис. 12 и 16) на развитие килы, поперечный срез у корневой шейки.

Рис. 10. В строении корня на более подщелоченной торфяно-перегнойной почве характерно сильное развитие центрального цилиндра.

Рис. 11. Такое же развитие центрального цилиндра наблюдается в строении корней на слабо подщелоченной суглинистой почве.

Рис. 12. При 60% влажности почвы, в строении корней замечается картина, сходная с той, что наблюдалась в сериях подкисленной почвы; центральный цилиндр не резко отграничен от коры; наличие неодеревеневших клеток.

Рис. 13. Нормальное строение корня на контрольной торфяно-перегнойной почве. Центральный цилиндр резко отграничен от корковой части, хорошо развита кора.

Рис. 14. Нормальный тип корня на контрольной суглинистой почве.

Рис. 15. На сильно подкисленной суглинистой почве в строении корней характерно неполное одеревенение сосудов центрального цилиндра.

Рис. 16. Строение корня при 45% влажности почвы сходно с строением корня на подщелоченной почве, резко выражен центральный цилиндр и граница коры; стенки сосудов сильно утолщены.

Таблица V.

Внешний вид больных корней при различной влажности почвы (торфяно-перегнойной).

Рис. 17. Маленькие опухоли при 45% влажности.

Рис. 18. Опухоли несколько большей величины при 60% влажности.

Рис. 19. Максимальной величины достигают опухоли при 80% влажности.

Рис. 20. Величина опухолей при 100% влажности несколько меньше, чем в предыдущем случае.

EXPLANATION OF FIGURES ON PLATES III—V.

Plate III.

Fig. 1—5 and 6—9. *Plasmodiophora brassicae* produced by experimental infection on humus turf and clayey soils having different pH amount.

Fig. 1. Tumours reach a maximum development in a less sub acid humus turf soil.

Eig. 2. The size of tumours in control soil differs but slightly from the preceding case (without artificial pH change).

Fig. 3. In a more acid soil the tumours are somewhat smaller.

Fig. 4. In a very acid soil the tumwrs are markedly smaller.

Fig. 5 The symptoms of disease are slightly pronounced in a less sub abkaline soil.

Fig. 6. The largest tumours occur in clayey soil in a less acid series.

Fig. 7. In very acid soil the principal roots are slightly swollen.

Fig. 8. The size of tumours in control soil does not differ from that in the slightly acid series.

Fig. 9. In the slightly sub alkaline series the radicles show only swellings.

Plate IV.

Anatomical structure of cabbage root as seen after the experimental influence of soil reaction and humidity (figs. 12 and 16) on the development of *Plasmodiophora*. Cross section at the neck of root.

Fig. 10. Marked development of the central cylinder is typical of the root in the more subalkaline humus turf soil.

Fig. 11. A similar development of the central cylinder is observed in roots on slighly subalkaline clayey soil.

Fig. 12. At 60% of soil humidity the structure of roots shews a condition resembling that observed in the acid soil series: the central cylinder does not differ considerably from the bark, not lignified cells are present.

Fig. 13. Normal root structure in control humus turf soil. The central cylinder is and bark part differ very markedly from each other, the bark is well pronounced.

Fig. 14. Normal root structure in control clayey soil.

Fig. 15. An incomplete signification of the central cylinder vessels is typical of the root structure in very acid clayey soil.

Fig. 16. At 45% of soil humidity the root structure resembles that in subalkaline soil: the central cylinder and bark border are very pronounced: the vessel walls are very thickened.

Plate V.

The exterior appearance of diseased roots under different degrees of soil humidity (humus turf).

Fig. 17. Small tumours at 45% humidity.

Fig. 18. Somewhat larger tumours at 60% humidity.

Fig. 19. At 80% humidity the tumours reach their maximum size.

Fig. 20. At 100% humidity the tumours are somewhat smaller than in the preceding case

---

Т. И. Федотова.

К методике определения зараженности почв килою (Plasmodiophora brassicae Wor.).

(С 6 рис. и 1 таблицей).

T. J. Fedotova.

A contribution to the method of the estimation of the infection of soil by Plasmodiophora brassicae Wor.

(With 6 figs. and 1 plate).

I. Введение 51
II. Методика учета почвенных организмов 52
III. Методика учета зараженности почв килою 55
IV. Сравнительная оценка методов 71
V. Техника взятия почвенных проб с поля 75
VI. Вопросы, требующие дальнейшей проработки 80
VII. Выводы 81
Резюме 81
Список литературы 82
Описание рисунков таблицы VI 83

I. Введение.

Большое экономическое значение заболевания капусты „капустной килой“ (*Plasmodiophora brassicae* Wor.) выдвинуло ряд требований перед научно-исследовательской фитопатологической мыслью, с необходимостью быстрейшего их разрешения. Одним из предъявленных требований была необходимость разработки методики определения зараженности почв в отношении этого паразита, как известно, гнездящегося и распространяющегося через почву.

Поскольку до сих пор не существовало никаких методов определения зараженности почвы килою, работу пришлось вести в нескольких направлениях: по отысканию, сравнительной оценке и пригодности применения найденных методов для широкой практики. До сих пор о зараженности почв килою судили по наличию зараженного растения, выросшего в условиях данной почвы. Не приходится, конечно, говорить о том, что критерий подобного рода, позволяющий судить о наличии инфекции лишь по проявлению самой инфекции в поле, является безусловно негодным признаком с точки зрения проведения мероприятий по борьбе с паразитом. При применении такого метода отпадает всякая возможность сигнализировать о

возможном заражении культуры, а тем самым, следовательно, и предупредить его.

Вместе с тем, конечно, этот метод имеет значение, но лишь в том случае, если он применяется в целях экспертизы, т. е. когда предварительно в данную почву делается высев семян капусты. По проявлению признаков заражения на таких опытных растениях, о котором можно судить лишь по прошествии шести-недельного срока, уже можно говорить о зараженности или незараженности почвы. Этот метод хотя и является точным, но довольно длителен и в широкой практике, по крайней мере до сего времени, не был в употреблении, в результате чего в огородных хозяйствах не применялось никаких методов распознавания зараженности почвы, кроме ее констатирования.

Отсутствие методов распознавания зараженности почв килою естественно влекло за собой и отсутствие всякой возможности планомерного и своевременного проведения мер борьбы по линии ликвидации паразита и сохранения урожая, что в условиях нашего организованного социалистического сектора сельского хозяйства является безусловно совершенно недопустимым.

Все указанные соображения вызвали необходимость разработки данного вопроса, результаты которой и представляются в следующих главах.

II. Методика учета почвенных организмов.

Методы учета в фитопатологии. Прежде чем перейти к непосредственному разбору полученных результатов по разработке методов учета на определение зараженности почв килою, необходимо остановиться, хотя бы коротко, на освещении вопроса методики почвенной фитопатологической экспертизы вообще, в результате чего будут ясны исходные положения и предпосылки, легшие в основу разработки интересующей нас темы.

Касаясь современного состояния этого вопроса, необходимо отметить чрезвычайно слабую его разработку. Слабая разработка, наряду с сложностью вопроса учета зараженности почвы грибами, встречает особые трудности при работе с паразитной группой грибов, к числу которых относится и *Pl. brassicae*. Между тем, как раз учет зараженности почвы в отношении паразитной грибной флоры и представляет для нас особый интерес с точки зрения практического разрешения ряда вопросов, связанных с необходимостью применения дезинфекции почвы.

Методы фитопатологической экспертизы почвы на обнаружение грибных организмов представляются несколько более разработанными лишь в отношении сапрофитной грибной флоры и то, поскольку это касается методов качественного, но не количественного учета. Применение же этих методов качественного порядка, целиком основанных на принципе чистых культур, широко применяющемся при почвенной экспертизе и различных почвенных фитопатологических исследованиях, является абсолютно невозможным для обнаружения облигатно-паразитных грибов почвы, требующих совершенно иных методов работы, до сих пор совершенно отсутствовавших.

Из работ, касающихся разработки методов определения зараженности почв спорами паразитных грибов, в сущности известно лишь четыре, причем три из них посвящены раку картофеля, а четвертая — головневым грибам. Из числа первых трех известны следующие: Schander и Richter (22), в которой авторы, экспериментируя с искусственно зараженной почвой, разрабатывают метод, позволяющий производить учет заспоренности почвы спорами *Chrysophlyctis endobiotica* Schilb.

Сущность метода сводится к определению скорости оседания спор из водной взвеси, в которой была взболтана зараженная почва, причем, как

показывают данные, скорость оседания зависит от соотношения между количеством спор и почвенной навеской, на которую данное количество спор приходится. Таким образом, определенной степени зараженности была установлена определенная скорость оседания спор и, следовательно, когда необходимо определить зараженность, устанавливается скорость оседания спор и по ней устанавливают уже соответствующую ей зараженность.

Вторая работа Glynn (10), касающаяся того же объекта—*Ch. endobiotica*, дает метод отделения спор из почвы путем взбалтывания ее в хлороформе, в результате чего споры, будучи легче по удельному весу, чем хлороформ и частицы почвы, всплывают на поверхность, где подсчет их не представлялся затруднительным.

Третья работа—это работа Дорогина (7), в которой автор указывает на метод центрифугирования почвы в воде, как на способ, вполне пригодный для обнаружения спор *Ch. endobiotica*.

Последней работой, посвященной определению зараженности почв паразитными грибами, является работа Хетагуровой (11), касающаяся определения зараженности почвы различными видами головневых: *Ustilago tritici*, *U. Maydis*, *U. Panici miliacei*, *U. Reiliana*, *U. avenae*, *Tilletia tritici*, *T. secalis*, *Urocystis occulta*. Методы, применяемые автором в этой работе, являются обычно употребляемыми методами в бактериологической практике и в фитопатологической продовольственной экспертизе. Автор дает сравнительную оценку пригодности их применения в экспертизе почвы на головню, с известным положительным результатом в отношении некоторых.

Вот по существу все, что известно как в русской, так и в иностранной литературе по методической разработке вопросов, касающихся определения зараженности почв спорами паразитных грибов. Как видно из приводимых работ, авторы при своих исследованиях исходили из возможности применения уже известных методов бактериологической техники, фитопатологической экспертизы зерна и муки и методов механического анализа почв в области почвоведения. Таким образом, естественнее всего перейти к рассмотрению основных методов этих соприкасающихся дисциплин с целью использования опыта и возможности применения некоторых из них при определении зараженности почв килою.

Методы учета в бактериологии. Методы учета в области бактериологической экспертизы, основанные на принципе чистых культур, для нас являются также совершенно неприемлемыми по той же причине, как это уже указывалось в отношении методов того же порядка, употребляемых при обычных исследованиях почвенной микрофлоры в области фитопатологии. К данной категории методов относятся как методы непосредственного высева почвы, так и методы с предварительным разбавлением ее перед посевом. К числу последних может быть отнесен и метод Гильтнера и Штремера.

То же самое может быть сказано и в отношении физиологических методов, широко применяющихся в последнее время в области бактериологии (28, 14, 25), основанных на биохимических изменениях среды под влиянием жизнедеятельности организмов той или иной биологической группы. Полное отсутствие данных по физиологии паразитных грибов является основным камнем преткновения в пользовании этим методом в настоящее время, но сулящим, повидимому, большие перспективы в будущем.

Что же касается остальных методов учета, дающих не плохие результаты при учете численности почвенных бактерий, то есть основание думать о возможности применения, по крайней мере, некоторых из них при экспертизе почв на килу, судя хотя бы по аналогии с тем, что мы имели в работе Хетагуровой (11). В связи с этим необходимо ознакомиться

с бактериологическими методами количественного учета микроорганизмов в почве.

Одним из первых методов, получивших довольно широкое распространение, является метод, предложенный в 1917 г. американским бактериологом Conn'ом (5), сущность которого сводится к непосредственному подсчету организмов в почве, причем почва предварительно взбалтывается в растворе желатины (0,015%). На приготовленных и окрашенных препаратах из образовавшейся почвенной взвеси производится подсчет организмов либо по всей поверхности препарата, либо на определенной части его с последующим пересчетом на всю площадь препарата, а затем уже и на весь объем взвеси, что не представляет никаких затруднений, так как на препарат наносится калибрированной пипеткой определенный объем взвеси (0,1 куб. см). Впоследствии этот метод был несколько видоизменен в том отношении, что почвенная взвесь не сразу наносилась на препарат, а лишь после некоторого времени отстаивания для осаждения крупных механических частиц почвы.

Заслуживает внимания также метод Whittles'a (29), правда, не по оригинальности его, так как он по существу мало чем отличался от метода Conn'a, а потому, что в нем придается большое значение получению большей дисперсности организмов, вследствие увеличения дисперсности различных коллоидных частиц, окружающих бактерии. Увеличение дисперсности организмов достигалось в специально сконструированном с этой целью приборе, в котором, благодаря вибрирующей пластинке, достигалась равномерная частота колебания жидкости, способствующая наибольшему отделению организмов.

Следующим широко признанным методом в бактериологии является метод Виноградского (30—32): метод прямого подсчета организмов в почве. Метод по технике довольно длителен. Почвенная навеска подвергается трем последовательным этапам работы: 1) отмывка организмов, 2) центрифугирование, 3) подсчет.

В принципе его метод основан на фракционных осаждениях почвы. Водная взвесь почвы взбалтывается в течение 4 минут с последующим полуминутным оседанием крупных взвешенных частей и с отделением декантацией образовавшейся взвеси от осадка. Такая операция взбалтывания и декантации повторяется трижды. Отдекантированная жидкость в свою очередь оставляется на кратковременное оседание частиц почвы и слитая с образовавшегося осадка жидкость подвергается центрифугированию. В итоге получаются 3 пробирки с осадком и 2 с взвесями. Подсчет организмов производится как в осадках, так и во взвесях, причем в последних подсчет производится с помощью счетной камеры, а в осадках по приготовленным из них фиксированным и окрашенным препаратам. В препаратах подсчет производится по отдельным полям зрения с последующим пересчетом на всю площадь препарата, а тем самым и на определенную весовую единицу почвы, так как нанесенная на препарат навеска почвы предварительно взвешивается. Общая сумма организмов в исследуемой пробе получается из подсчетов во всех осадках и во всех взвесях.

Некоторые этапы метода Виноградского рядом последующих исследователей были превращены в самостоятельные методы. Так, например, метод отмывок организмов из почвы применялся как особый самостоятельный метод, точно так же, как и способ отцентрифугирования. Но, поскольку они не являются оригинальными, они не представляют интереса и потому останавливаться на них не будем.

Вот по существу все, что известно из методов количественного учета почвенных организмов в бактериологии.

Методы продовольственной фитопатологической экспертизы. Из методов учета, применяемых в фитопатологической экспертизе зерна и муки, пригодными являются лишь методы центрифугирования и отмывок (1, 2, 3, 13, 16, 18). Но, поскольку они по существу не отличаются от таковых в бактериологии, нет необходимости на них останавливаться—нового они ничего не дают.

Методы учета почвенных Protozoa. Все методы, известные в области учета почвенных *Protozoa*, могут быть разделены на следующие группы: 1) методы культур; о неприменимости которых было уже сказано в разделе методов учета почвенных бактерий, 2) методы непосредственного учета *Protozoa* в почве, основанные на принципе метода Виноградского, о котором уже сказано раньше (6, 24, 33).

Явление адсорбции организмов почвой, сильно сказывающееся на абсолютных данных подсчета, вынудило ряд авторов пойти по линии устранения этого фактора. С этой целью был предложен метод Koffman'a (15), основанный на капиллярном засасывании жидкости под покровное стекло из помещенного рядом со стеклом комка почвы, смоченного стерильной водой. Вместе с водой током капиллярного подъема под стекло увлекались и находящиеся в почве простейшие, что давало возможность произвести учет последних.

Устранение явления адсорбции в работе Мавродиади (17) было достигнуто помощью тока воды, идущей сквозь слой исследуемой почвы, в результате чего адсорбционные свойства почвы нарушались и *Protozoa* извлекались из почвы током идущей жидкости.

Методы механического анализа почвы. Методы, применяемые при механическом анализе почв (20, 23, 34, 35) при изучении их физических свойств, тоже могут оказаться пригодными. Во всяком случае их следует испробовать в области определения почвы на зараженность ее спорами паразитных грибов. Метод основан на фракционных осаждениях почвы в жидкостях с различной плотностью, в результате чего происходит отделение более легких частиц почвы от более тяжелых. Применение жидкостей, имеющих различный удельный вес, для механического отделения спор от почвы представлялось чрезвычайно заманчивым по несложности и быстроте метода. Перенесение этого метода в фитопатологическую экспертизу почв и необходимость его испытания в этой области является, конечно, желательным.

На этом мы заканчиваем беглый обзор существующих методов, испытание которых легло в основу первоначальных исследований по разработке методов определения зараженности почвы килою.

III. Методика учета зараженности почв килою.

После изложенного обзора существующих методов в соприкасающихся областях представляется уже возможным перейти непосредственно к вопросу экспертизы почвы на присутствие в ней спор *Pl. brassicae*. Однако, прежде чем приступить к рассмотрению полученных результатов, необходимо отметить направление, по которому шла работа, и остановиться на ряде технических моментов этого вопроса.

Разработка методики определения зараженности почв килою шла по линии применения уже известных ранее методов, внесения некоторых изменений в них и создания новых. Методическая разработка этого вопроса проводилась все время на искусственно зараженной почве, так как только при условии заранее точно определенной зараженности и можно судить о точности и пригодности того или иного метода и дать сравнительную

оценку каждому из них. Экспериментальная проработка вопроса проводилась над подзолистой почвой.

Искусственное заражение почвы производилось путем внесения определенного объема водной взвеси спор (с заранее установленным количеством их в единице объема жидкости) на определенную навеску воздушно-сухой почвы следующим путем: киластые перезимовавшие корни капусты тщательно растирались в ступке с небольшим количеством воды до получения кашицеобразной массы; отжимая последнюю через тонкую полотняную тряпочку, получали водную взвесь спор, лишенную, благодаря процеживанию, крупных механических примесей и очень густую в отношении спор. Количество последних в единице объема жидкости определялось счетной камерой. Внесением определенного количества кубиков такой взвеси на определенную навеску почвы возможно было заразить ее любым желаемым количеством спор. После внесения спор в почву последняя оставлялась до полного ее высыхания при обыкновенной комнатной температуре. Высушенная таким образом почва тщательно перемешивалась в ступке небольшими порциями, затем все высыпалось в стеклянную банку с притертой пробкой и встряхивалось в течение 15 минут. Результатом такого перемешивания и встряхивания получалась равномерно зараженная почва, что является чрезвычайно важным для получения точных результатов при исследовании средних почвенных проб. Такая искусственно зараженная почва и служила материалом для испытания, проверки и сравнительной оценки методов, к результату которых теперь и переходим.

Метод отмывок. Исходя из необходимости дать наиболее простой и вместе с тем точный метод, вначале был испытан, так называемый, метод отмывок, основанный на возможности отделения спор из почвы и концентрировании их в жидкости. Степень зараженности почвы при данном методе является результатом подсчета спор в жидкости счетной камерой.

Касаясь вопроса метода отмывок, необходимо упомянуть о некоторых попытках, сделанных Н. А. Наумовым в отношении применения этого метода для определения заспоренности почвы килою с полученными при этом отрицательными результатами (устное сообщение). При экспериментах Наумова обычно лишь очень незначительная часть спор вымывалась из почвы, вследствие чего полученные данные сильно расходились с данными по фактической зараженности почвы. Таким образом, выходило, что этот метод для количественного учета зараженности почв килою непригоден. Отрицательные результаты метода, судя по аналогии с тем, что мы имеем и в отношении почвенных бактерий и различных почвенных *Protozoa*, были объяснены сильными адсорбционными свойствами почвы в отношении спор. Отрицательные результаты при применении этого метода были экспериментально доказаны в области бактериологии работами Whittles'a (29), Дианова и Ворошилова (8), Шульгина (26), Худякова (12) и др. и в области *Protozoa*—Догеля, Раммельмейер и Стрелкова (6), Koffman'a (15), Мавродиади (17). Причина, по мнению авторов, лежала именно в сильной адсорбции организмов почвой.

Несмотря на это, мною все же была проведена экспериментальная проверка этого метода на определение заспоренности почвы килою. Материалом, как уже указывалось раньше, служила искусственно зараженная почва с различной степенью заспоренности. Навеска исследуемой почвы величиною в 0,5 г, высыпанная в пробирку, встряхивалась в течение 10—15 минут с 10 см³ воды. После такого встряхивания, при котором должно было произойти вымывание и отделение спор из почвы в жидкость, последняя оставлялась на оседание более крупных механических частиц почвы на 2 минуты. С образовавшегося осадка жидкость декантировалась и счетной камерой определялось количество отмытых спор.

Полученные результаты сведены в таблице 1.

Таблица 1

Определение заспоренности почвы методом отмывки

№№ проб	Фактическая заспоренность 1 г почвы	Заспоренность 1 г почвы по определению	% отмытых спор
1	917 050	375 000	41
2	917 050	165 000	18
3	34 125 000	12 110 000	35
4	45 500 000	8 937 500	20
5	22 750 000	15 675 000	70

Эти результаты по отмывке спор из почвы, как видно из приведенных цифр, дают показатели по зараженности, далеко отстоящие от фактических. Определяемая зараженность получается значительно меньше истинной.

Анализируя причину таких неудовлетворительных результатов метода отмывок, логически рассуждая, можно предположить в данном случае влияние двух факторов: 1) либо мы действительно имеем здесь дело с сильной адсорбцией спор почвой, в силу чего споры просто не отделяются от частиц почвы; либо 2) вследствие быстрого оседания спор на дно, по причине ли большого удельного веса их по сравнению с водой, или в силу механического увлекания спор оседающими частицами почвы, в результате чего взвесь над осадком содержит значительно меньшее количество спор, чем должно было бы быть в случае их полного вымывания. Конечно, не исключена возможность и комплексного влияния этих двух факторов на неполноту отмывок.

Выяснение причин, вызывающих непригодность пользования методом отмывок, представлялось нам чрезвычайно важным для определения дальнейших путей развития работы. Микроскопическая проверка препаратов, приготовленных из образовавшегося осадка почвы (осадок после декантации) при методе отмывок, обнаруживает свободно лежащие споры в поле зрения. Это обстоятельство дает повод думать о возможности объяснения неполноты отмывок спор, если не в полной мере, то во всяком случае в известной мере от причин, уже указанных раньше, а именно: 1) механическое увлекание спор, оседающей почвой и 2) оседание спор в силу большого удельного веса по сравнению с таковым воды. Если неполнота отмывок в действительности зависит от этих двух причин, то устранение их не представляет особых затруднений.

Для выяснения, не является ли причиной отрицательных результатов метода отмывок большая величина удельного веса спор по сравнению с водой, в результате чего и происходит оседание их на дне, был поставлен эксперимент, ставивший своей задачей выяснить характер распределения спор *Pl. brassicae* по вертикали в чистой водной взвеси, без примеси почвы. Полученные данные, сведенные в график, где количество спор в 1 куб. см жидкости на дне принимается за 100, представлены на рисунке 1.

Характер полученной кривой со всей очевидностью говорит за то, что при условии свободной взвеси спор лишь очень незначительный процент их находится во взвешенном состоянии. По мере приближения ко дну количество спор в единице объема жидкости становится все большим и большим, достигая максимума на самом дне. Таким образом получается,

что даже в чистой воде споры выходят из состояния равновесия, оседая на дно, вследствие разницы в удельном весе спор и воды. То обстоятельство, что все же некоторый процент их находится во взвешенном состоянии, может быть объяснено, с одной стороны, известными колебаниями в величине удельного веса отдельных спор, которая, повидимому, не является величиной постоянной для всех, что является вполне допустимым; с другой стороны, еще потому, что мы имеем здесь дело и с такого рода явлением, что целый ряд спор встречается в виде групп, комочков, состоящих из нескольких особей, еще не отделившихся друг от друга после того, как они выпали из ткани хозяина. Конечно, коэффициент парусности такой комплексной группы будет совсем иным, нежели у отдельных спор, и оседание их будет совершенно иным, чем у последних. Таким образом, даже в такой чистой постановке опыта мы сталкиваемся с влиянием удельного веса и оседания спор на дно.

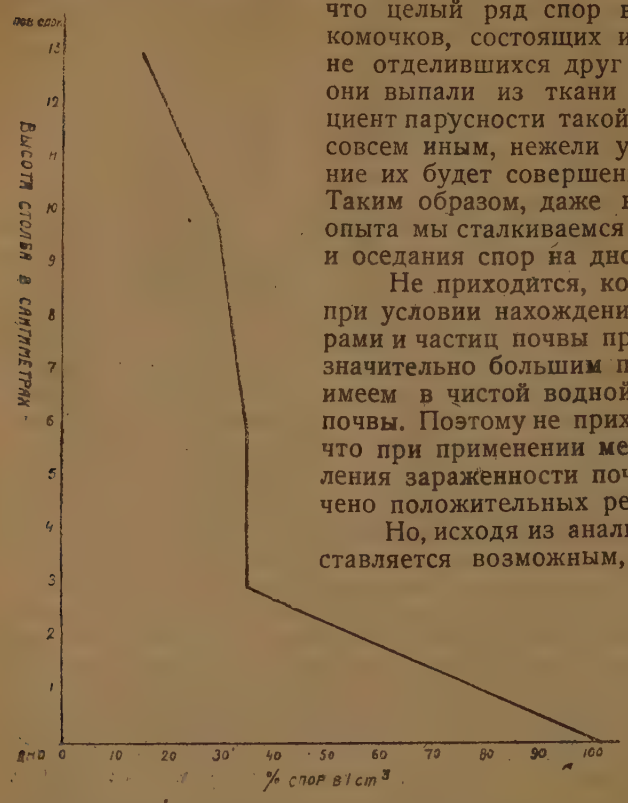


Рис. 1. Распределение спор *Pl. brassicae* Wor. по вертикали в водной взвеси спор, после получасового отстаивания.

Fig. 1. The vertical distribution of *Pl. brassicae* Wor. spores in the water suspension after half an hour precipitation.

Не приходится, конечно, говорить о том, что при условии нахождения во взвеси наряду со спорами и частиц почвы процент осевших спор будет значительно большим по сравнению с тем, что мы имеем в чистой водной взвеси спор без примеси почвы. Поэтому не приходится и удивляться тому, что при применении метода отмывок для определения зараженности почвы килою не было получено положительных результатов.

Но, исходя из анализа всего сказанного, представляется возможным, по крайней мере теоретически, все же достигнуть известных положительных результатов при применении этого метода, устранив причины, уже известные нам, вызывающие неполноту отмывок спор из почвы.

Метод фракционных отмывок. Устранение влияния факторов адсорбционных свойств почвы и механического увлекания спор другими частицами может быть достигнуто фракционными отмывками почвы. Фракционные или повторные отмывания в значительной степени ослабляют и нарушают адсорбционные свойства почвы и кроме того уменьшают количество оседающих спор.

Возможность нарушения адсорбционных свойств почвы путем применения фракционных отмывок вполне вероятна и допустима, судя по аналогии с работами Мавродиади (17) над почвенными *Protozoa*: при простом отмывании почв водою численность *Protozoa* была во много раз меньшей, чем в том случае, когда отмывание было сделано большим количеством проточной воды, при котором адсорбция нарушалась и организмы, будучи свободны, увлекались током воды, попадая в взвесь.

Основываясь на принципе работ Мавродиади, мною были проделаны опыты по дальнейшему отмыванию спор, с тою только разницей, что

в данном случае отмывание производилось не применением проточной воды, а повторным отмыванием отдельными порциями.

Технически фракционные отмывания производились следующим образом: 0,5 г хорошо размешанной почвы растиралось в маленькой фарфоровой ступке с 5 см³ воды в течение 5 минут, после чего все содержимое сливалось в колбу, тщательно ополаскивая при этом ступку небольшими порциями воды, сливающимися в ту же колбу. После окончания ополаскивания содержимое тщательно взбалтывается в течение 5—10 минут и оставляется на 2 минуты для оседания почвы. Жидкость с образовавшегося осадка аккуратно сливается или еще лучше отсасывается пипеткой в новую колбу. В первую колбу с почвенным осадком наливается новая порция воды и этот осадок опять так же тщательно взбалтывается в течение того же срока (5—10 мин.). Затем опять следует 2-х минутное оседание почвы и сливание взвеси уже в третью колбу. После этого—новое взбалтывание все того же осадка с новыми порциями воды.

Такая операция отмывок проделывается примерно около десяти раз, иначе говоря до тех пор, пока микроскопическое исследование препаратов, приготовленных из последней колбы с взвесью, не обнаружит отсутствия во всех полях зрения хотя бы одной споры. Отсутствие спор в последней взвеси говорит за то, что удаление спор из почвы закончено и можно приступить к подсчету.

Подсчет отмытых спор производится счетной камерой в каждой фракции отдельно. Общая численность спор на взятую навеску почвы (0,5 г) определяется суммой данных, полученных от подсчета всего количества спор во всех колбах. О точности полученных данных при этом методе можно судить по таблице 2.

В результате полученных данных, как видно из этой таблицы, метод фракционных отмывок, испытанный над серией почв с зараженностью от 917 500 до 79 625 000 спор на 1 г почвы, показал, что метод может быть все же рекомендован для определения зараженности почвы килою. Полученные цифры в большинстве случаев дают показатели по зараженности, очень близкие к истинным, за исключением двух случаев: пробы № 5 и № 9, в которых зараженность была определена с значительным отклонением от фактической, видимо вследствие ошибок, происшедших при переводе количества спор с одного поля зрения на весь объем жидкости. Вообще же впредь подобные ошибки могут быть корректированы проведением анализов на 2—3-х параллельных пробах, определяя зараженность почвы средней величиной из полученных данных по каждой пробе отдельно. Метод по технике является чрезвычайно простым и единственным его недостатком можно считать некоторую кропотливость, заключающуюся в применении довольно большого количества отмывок.

Для ускорения техники определения по этому методу можно рекомендовать при взбалтывании осадка с новой порцией воды брать всегда один и тот же объем жидкости, в результате чего при определении спор во всем объеме фракционной взвеси необходимо будет перемножать всегда на одну и ту же величину, делая это уже чисто механически. Это обстоятельство позволит несколько рационализировать технику определения.

Ко всему этому необходимо добавить еще одно следующее техническое указание: никогда не следует брать больших количеств воды при отмывке пробы, во-первых, потому, что при большом объеме жидкости, в случае слабой зараженности почвы, получается очень слабая концентрация спор; при микроскопическом исследовании такой взвеси можно просто не встретить ни одной споры и отсюда сделать ложные заключения об отсутствии заспоренности почвы. Во-вторых, необходимо учесть и то обстоятельство, что при перечислении количества найденных спор в 1 см³ жид-

Та

Определение зараженности почвы *Pl. brassic*

№№ проб	№ фракции	I		II		III		IV		V	
	Количество внесенных спор в почву	Количество отмытых спор	% отмытых спор	Количество отмытых спор	% отмытых спор	Количество отмытых спор	% отмытых спор	Количество отмытых спор	% отмытых спор	Количество отмытых спор	% отмытых
1	53 171 250	12 187 500	23,0	12 375 000	23,0	8 962 500	17,0	7 350 000	13,2	6 225 000	11
2	53 171 250	15 375 000	28,9	10 075 000	18,9	6 298 000	11,8	5 250 000	9,8	4 281 250	8
3	34 125 000	12 110 000	35,4	6 450 000	18,9	5 250 000	15,3	3 325 000	9,7	1 712 500	5
4	34 125 000	6 487 500	19	10 320 000	30,2	3 500 000	10,2	4 987 500	14,6	2 637 250	8
5	56 875 500	21 535 000	37,9	4 875 000	8,5	3 275 000	5,7	1 600 000	2,8	537 750	10
6	45 500 000	8 937 500	19,6	5 913 000	12,9	5 953 500	13,0	5 495 000	12,0	4 998 750	10
7	45 500 000	14 300 000	31,4	9 125 000	20,0	7 350 000	16,1	4 550 000	10,0	2 580 000	5
8	11 375 000	4 712 500	41,4	3 425 000	30,1	1 815 000	15,9	1 200 000	10,5	576 000	5
9	22 750 000	15 675 000	68,8	8 937 500	39,2	8 400 000	36,9	6 847 500	30,0	5 330 000	23
10	68 250 000	28 050 000	41,0	23 200 000	33,9	13 612 500	19,5	10 725 000	15,7	6 120 000	8
11	917 050	375 000	40,8	142 500	15,5	150 000	16,3	125 000	13,6	0	0
12	53 171 250	19 051 650	36,0	13 734 525	26,0	7 975 687	15,0	6 912 262	13,0	3 190 275	6
13	79 625 000	28 050 000	35,2	16 100 000	20,2	11 200 000	14,0	8 250 000	10,3	4 225 000	5
14	39 812 500	21 025 000	52,8	10 350 000	25,9	8 400 000	21	6 562 500	16,4	2 975 000	7

Примечание. Количество внесенных спор принималось за 100%.

и ц а 2

етодом фракционных отмывок

VI		VII		VIII		IX		X		
Количество отмытых спор	% отмытых спор	Количество отмытых спор	% отмытых спор	Количество отмытых спор	% отмытых спор	Количество отмытых спор	% отмытых спор	Количество отмытых спор	% отмытых спор	% отмытых спор.
5 985 000	11,0	680 000	1,2	0	0	0	0	0	0	99,4
2 838 000	5,3	2 583 000	4,8	188 000	2,2	576 000	1,08	0	0	91,5
1 113 750	3,2	0	0	0	0	0	0	0	0	87,5
4 387 500	12,9	0	0	0	0	0	0	0	0	95,2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56,7
3 465 000	7,6	4 550 000	10,0	2 070 000	4,5	0	0	0	0	90,5
15 750 000	34,6	1 050 000	2,3	0	0	0	0	0	0	120,2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	102,9
3 278 000	14,8	1 837 500	7,9	580 000	2,5	0	0	0	0	223,5
4 250 000	6,2	1 687 500	2,4	342 500	0,5	0	0	0	0	128,0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	86,2
1 595 137	3,0	0	0	0	0	0	0	0	0	99,0
2 025 000	25,0	420 000	0,5	0	0	0	0	0	0	87,9
1 250 500	3,1	400 000	1,0	0	0	0	0	0	0	127,6

кости на весь объем взвеси получится тем больше нарастания некоторой средней ошибки в вычислении, чем больше будет объем взвеси. Поэтому и из этих соображений не следует брать больших количеств воды. 30 см воды для каждой фракции—количество вполне достаточное для отделения спор.

В конечном итоге метод может быть рекомендован, и схема исследования почвы при его применении представляется следующей: 1) приготовление навесок, 2) растирание почвы в ступке с водою, 3) взбалтывание почвы с водою и получение последовательных фракционных отмывок, 4) определение количества спор во взвеси каждой фракции отдельно, 5) количественные вычисления зараженности исследуемой почвы.

Метод центрифугирования. Считая одним из недостатков метода фракционных отмывок применение сравнительно большого количества повторных операций—отмывок, мы направили работу в сторону изыскания путей, при которых можно было бы достигнуть полного отмывания спор из почвы более коротким путем. В связи с этим был испытан метод отделения спор с помощью центрифугирования, основанный, как известно, на принципе разделения массы по удельному весу в результате развивающейся центробежной силы.

Для выяснения возможности применения метода центрифугирования при определении зараженности почвы килою было предварительно выяснено, как действует центрифугирование на оседание спор при условии нахождения их во взвеси без примеси почвенных частиц. С этой целью взвесь спор, в одном случае водная, а в другом — желатиновая, подвергалась центрифугированию в течение $^1/_2$ минуты. Полуминутный срок был взят из тех соображений, что, судя по многочисленным данным в области бактериологии, более длительное центрифугирование вызывает оседание организмов на дно, заставляя выпадать их из взвеси. Желатиновый раствор (1%) был применен в качестве защитного коллоида, удерживающего споры в взвешенном состоянии.

В связи с этим искусственно зараженная почва была подвергнута центрифугированию в виде водной и желатиновой взвеси. После полуминутного центрифугирования жидкость сливалась и подсчитывалось количество спор, перешедших из почвы в жидкость. При этом были получены результаты, сведенные в таблице 3.

Таблица 3

Определение заспоренности почвы методом центрифугирования ($^1/_2$ мин.) при зараженности ее в 917 000 спор на 1 г почвы

№	Применяемая жидкость	Количество спор, переш. в взвесь	Проц. спор, переш. в взвесь
1	1% раств. желат. . . .	110 000	11,9
2	„ „ „ . . .	150 000	16,3
3	„ „ „ . . .	62 000	6,7
4	Вода	41 500	4,5
5	„	0	0

Как показывают эти немногие данные, процент отделенных спор является очень небольшим по отношению к количеству спор, фактически находящихся в почве. Но, считая, что незначительный процент отделившихся спор может быть объяснен недостаточностью срока центрофугирования ($^1/_2$ мин.), были испытаны сроки в 1, 5 и 20 минут, причем были получены результаты, указанные в таблице 4.

Таблица 4

Определение заспоренности почвы методом центрифугирования (разн. сроки)

№№	Применяемая жидкость	Срок центрифуг. в минутах	Количество спор в почве (фактическое)	Кол-во спор, оставш. в почве	Проц. спор, переш. в взвесь
1	1% раствор желат. . .	1	500 000	20 000	4
2	Вода	1	8 000 000	1 000 000	12,5
3	„	5	12 361 265	455 000	3,6
4	„	5	8 240 843	356 250	4,3
5	1% раствор желат. . .	5	8 240 843	372 750	4,5
6	„ „ „ . .	20	2 350 000	0	0
7	Вода	20	2 350 000	0	0

В результате, как видно, ни один из сроков центрифугирования не дал положительных результатов ни в случае водной, ни в желатиновой взвеси. Повидимому, адсорбционные свойства почвы, удельный вес спор и механическое увлекание спор оседающими частицами почвы продолжают действовать и при центрифугировании так же, как это было отмечено и в случае простого отмывания спор.

Очень возможно, что применение каких-либо других жидкостей и дало бы иные результаты при центрифугировании, но этот путь не казался перспективным и потому работы в этом направлении были оставлены с тем, чтобы повести работу в направлении отыскания способов, основанных на принципе отделения спор по удельному весу, на основе которого проводится механический анализ почв в области почвоведения.

Отделение спор методом удельного веса. Касаясь характера распределения спор *Pl. brassicae* по вертикали в условиях водной взвеси, как уже отмечалось раньше, наблюдается значительное оседание их, в силу большей величины удельного веса спор, по сравнению с таковым у воды. Поэтому представлялось интересным выяснить, насколько возможно достигнуть положительных результатов по отделению спор из почвы при условии взбалтывания зараженной почвы в жидкости с удельным весом большим, чем единица, т. е. в такой жидкости, плотность которой была бы больше, чем плотность вещества спор, в результате чего последние будут находиться в состоянии плавания в поверхностном слое жидкости.

Для отыскания жидкости, пригодной для этой цели, необходимо было выяснить величину удельного веса спор. Технически определение этой величины устанавливалось по характеру распределения спор по вертикали в взвеси в жидкостях, обладающих определенным удельным весом.

При условии скопления спор в поверхностном слое жидкости величина удельного веса спор (d_1) будет $< d$ жидкости, при равномерном распределении их в жидкости величина d_1 спор будет $= d$ жидкости и, наконец, в случае оседания их на дно d_1 спор будет $> d$ жидкости.

В связи с этим, для определения удельного веса спор были приготовлены споровые взвеси в жидкостях с различным d. Удельные веса испытуемых жидкостей были следующие:

1,2—раствор NaCl, 1,6 и 2,2—растворы $AgNO_3$ и 2,9—$CHBr_3$ (бромоформ).

Распределение спор по вертикали в указанных жидкостях определялось путем подсчета спор в 1 см^3 жидкости (счетной камерой) в пробах, взятых капиллярной пипеткой с различных глубинных слоев жидкости. Результаты подсчетов представлены в таблице 5.

Таблица 5

Распределение спор *Pl. brassicae* по вертикали в жидкостях с различным удельным весом

Удельный вес жидкости	Глубина взятия проб в сантиметрах				K
	13 см (поверхн. слой)	10 см	7 см	0 (дно)	
	Количество спор в 1 см³ на данной глубине				
1,2	207 500	217 500	2 150 000	14 125 000	0,01
1,6	375 000	125 000	58 500	5 000 000	0,08
2,2	230 000	—	150 000	150 000	1,5
2,9	500 000	0	0	0	500 000

Примечание. Величина *K* означает отношение между количеством спор всплывших на поверхность и осевших на дно.

Несмотря на то, что количество спор при всех экспериментах не было одним и тем же, результаты все же могут быть вполне сравнимы, поскольку за единицу сравнения всюду служит отношение между количеством всплывших и осевших спор. Как видно из приведенных данных, известный процент спор находится в взвешенном состоянии, причем по мере увеличения удельного веса жидкости процент всплывших спор увеличивается, достигая полного поднятия при $d = 2{,}9$. Рассматривая полученные данные с точки зрения величины удельного веса спор, данное явление частично, до известной степени, повидимому, может быть объяснено неодинаковой величиной удельного веса самих спор. Последнее весьма вероятно, если принять во внимание наличие уже проросших спор, пустых по содержанию, имеющих лишь одну оболочку. Но объяснять исключительно этим, конечно, вряд ли возможно, поскольку налицо имеется слишком большая амплитуда: от $d = 1$ до $d > 2$. Повидимому, здесь имеет место и влияние адсорбционных свойств оболочек спор, а возможно и чисто механическое прилипание частиц почвы, вызывающих увеличение тяжести спор. Но так или иначе, не вдаваясь в дискуссию этого вопроса, для нас важно с практической точки зрения то, что с применением жидкости удельного веса бо̀льшим двух, наблюдается полное поднятие спор в поверхностный слой.

Поэтому представлялось интересным проверить возможность применения этого метода для определения заспоренности почвы килою. С этой целью зараженная почва взбалтывалась в бромоформе ($d = 2{,}9$) и определялось количество всплывших спор. При этом были получены следующие результаты: наряду с полным поднятием в поверхностный слой всех спор поднималось и значительное количество частиц почвы, удельный вес которых был меньше 2,9. Иначе говоря, мы здесь столкнулись с фракционным разделением самой почвы по удельному весу. Такое совместное нахождение почвы с спорами дает, конечно, слишком мало преимуществ для определения зараженности почвы по сравнению с непосредственным подсчетом спор в почве.

Лучших результатов не было получено и в том случае, когда взбалтывание почвы было сделано в жидкостях с удельным весом меньшим, чем 2,9. Для этой цели были приготовлены смеси из хлороформа ($d = 1{,}5$) и бромоформа (2,9) в различных пропорциях. При этом, в случае оседания на дно всей почвы, было полное оседание и спор; в случае же всплытия последних на поверхность, всегда имело место и всплытие массы мелких почвенных частиц, так что по существу отделения спор в чистом виде из почвы получено не было.

Кроме того, даже, если бы такое отделение спор и было получено, то в каждом отдельном случае экспертизы почвы пришлось бы наново находить подходящую жидкость в отношении удельного веса для данной почвы, так как физические свойства почв чрезвычайно различны и потому предложить раз навсегда пользоваться одной и той же жидкостью для отделения спор из почвы не представляется возможным. Подыскание же в каждом отдельном случае подходящей жидкости создало бы громоздкость в применении метода, вследствие чего и дальнейшая разработка его была оставлена.

Метод непосредственного подсчета спор в почве. Дальнейшее направление в работе свелось к попытке применить метод Виноградского—метод непосредственного подсчета организмов в почве. Однако, в данном случае были применены не все операции этого метода, так как в полном объеме метод представляется все же довольно громоздким. Была испробована возможность определения зараженности почвы, воспользовавшись лишь той частью его метода, которая применялась им для учета организмов в почвенных осадках. Применение метода Виноградского не целиком, а лишь в определенной его части представлялось тем более возможным, что экспериментальными данными в работах Костычева, Шелоумовой и Шульгиной (14) было доказано, что кропотливые манипуляции в методе Виноградского не окупаются точностью учета.

Сущность применяемой операции, как уже указывалось раньше, заключалась в том, что подсчет производится на фиксированном почвенном препарате в нескольких полях зрения с последующим пересчетом на всю площадь препарата (равную всюду 1 см²), а затем уже и на единицу веса почвы (на 1 г), что не представляло особых затруднений, так как вес почвы, находящейся на препарате, определялся заранее.

По данному методу было сделано несколько определений зараженности почв, причем для получения средних данных из каждой пробы делалось по 10 препаратов, с просчетом спор в 12 полях зрения каждого препарата. В итоге в каждой пробе среднее выводилось из 120 полей зрения. В результате этих определений были получены данные, приводимые в таблице 6.

Многочисленные цифровые данные, приведенные в таблице, со всей очевидностью говорят за то, что полученные показатели зараженности почвы далеко не соответствуют истинным, значительно превосходя их по величине в два, три, а иногда и в большее количество раз.

Таким образом, можно сказать, что метод Виноградского может быть пригодным лишь для целей качественного определения зараженности почвы килою, но ни в коем случае количественного. Хотя метод и не был применен целиком, а лишь только в одной его части, но были получены настолько преувеличенные данные, которые уже явно говорят за неприемлемость его и в целом.

О непригодности метода Виноградского, как метода количественного учета было отмечено также и бактериологами (14), указывающими, что метод может служить лишь для цели качественного, а отнюдь не количественного учета, поскольку сильные колебания количества бактерий, встречаемых в поле зрения, дают сильные расхождения в показателях, которые, будучи помножены в тысячи раз (как это требуется по ходу самого метода), дают совсем несравнимые результаты. Точно такие же результаты были получены и в случае применения этого метода для определения заспоренности почвы головневыми грибами в работе Хетагуровой (11), которая указывает, что обычно получалась чрезвычайно большая зараженность, значи-

тельно превышающая фактическую, в результате чего метод оказался также непригодным и для головни.

Таблица 6

Определение зараженности почвы спорами по методу Виноградского (прямой способ подсчета в осадках)

№№ препаратов	Колич. спор на 1 г почвы по определению	% найденного количества по отношению к факт. внесен.	№№ препаратов	Колич. спор на 1 г почвы по определению	% найденного количества по отношению к факт. внесен.
1-я проба (Зараженность 1 г почвы—504 000 спор)					
1	3 317 647	658,3	6	940 000	186,5
2	1 021 639	202,7	7	2 904 706	576,3
3	1 091 612	216,5	8	2 136 363	431,8
4	2 547 096	505,3	9	3 158 400	626,6
5	1 000 000	198,5	10	3 676 692	1.723,5
			В среднем	2 679 407,5	532,6
2-я проба (Зараженность 1 г почвы—1 086 500 спор)					
1	4 512 000	415,3	6	278 518	25,6
2	3 589 090	330,4	7	1 709 090	157,2
3	5 200 133	478,5	8	1 593 372	146,6
4	3 090 910	284,3	9	1 161 177	106,8
5	2 056 250	189,2	10	5 200 133	478,5
			В среднем	2 839 067,3	216,2
3-я проба (Зараженность 1 г почвы—3 000 000 спор)					
1	2 690 344	89,6	6	10 814 293	360,4
2	11 594 871	386,4	7	6 906 122	230,2
3	11 592 021	386,4	8	3 317 647	110,5
4	2 458 286	81,9	9	8 057 143	268,5
5	9 776 000	325,8	10	6 241 600	208,0
			В среднем	7 344 832,7	268,5
4-я проба (Зараженность 1 г почвы—6 000 000 спор)					
1	11 522 549	192.0	6	4 308 333	71,8
2	9 630877	160,5	7	4 700 000	78,3
3	9108 823	151,8	8	6 507 690	108,4
4	6 266 666	104,4	9	14 570 000	242,8
5	4 344 400	72,2	10	6 969 962	116,1
			В среднем	7 792 930,0	130
5-я проба (Зараженность 1 г почвы—9 000 000 спор)					
1	11 400 000	126,6	6	18 076 929	200,8
2	9 400 000	104,4	7	6 981 481	77,5
3	15 809 090	175,6	8	6 736 363	74,8
4	33 684 615	374,2	9	58 280 000	647,5
5	26 936 000	289,2	10	17 296 000	192,1
			В среднем	18 260 047,8	226,4

Такое значительное отклонение от истинных показателей по существу является понятным, если принять во внимание ту технику пересчетов, кото-

рая применяется в данном методе. Ведь, как уже указывалось раньше, количественное определение организмов в почве является в результате подсчетов их в нескольких полях зрения. Средняя частота встречаемости помножается на 10000, так как делается перерасчет с площади поля зрения, равной 0,01 мм² на всю площадь препарата, равную 1 см², что собственно и дает цифру 10000. При определении количества организмов на 1 г почвы необходимо цифру, полученную после перемножения на 10000, помножить еще на число с четырьмя знаками, так как число особей, найденных на всей площади препарата, дает зараженность лишь почвенной навески, находящейся на препарате, которая обычно выражается тысячными или десятитысячными долями грамма и, следовательно, при пересчете на 1 г наобходимо увеличить полученную цифру во столько раз, во сколько раз 1 г больше веса почвенной навески, что собственно и дает, как уже указывалось, четырехзначное число. В результате, конечно, не может не получиться огромного нарастания показателей при перемножении и округлении цифр, а небольшие отклонения, выражающиеся вначале в пределах средней ошибки, будучи перемноженными на такие многозначные коэффициенты, вырастают в огромные цифры. По методу Виноградского, если в поле зрения будет найден лишь один экземпляр бактерий, при навеске в 0,0005 г, то при переводе на 1 г почвы численность организмов окажется равной 20000000. Уж одни эти цифры довольно красноречиво говорят о возможных причинах сильного нарастания зараженности при определении ее данным методом.

В итоге, считая прямой метод подсчета Виноградского неприемлемым, работа проводилась дальше в плоскости разработки новых методов, которые позволили бы наиболее просто и более точно провести работу по определению зараженности почвы килою на основе непосредственного счета спор в почве. При этом была поставлена цель: разработать такой метод, который был бы прост по технике исполнения, не был бы таким громоздким, как это имеет место в методе Виноградского, свести до минимума количество различных приемов в методе и, наконец, уничтожить различного рода перемножения на многозначные коэффициенты, как это опять-таки имеет место в методе Виноградского.

Теоретическое обоснование метода показателей. Осуществление такого метода, по крайней мере тоoретически, не представляло особых затруднений. Логически рассуждая, препарат, приготовленный из почвы, имеющей равномерную зараженность, будет давать в среднем одну и ту же частоту встречаемости спор в одном поле зрения при микроскопическом исследовании препарата, при условии нанесения на препарат всегда одного и того же количества почвы, при равномерном ее распределении всегда на одной и той же по величине площади на всех препаратах. Таким образом, получается, что о зараженности данной почвы можно судить по средней частоте встречаемости спор в поле зрения. Иначе говоря, в данном случае возникает вопрос об определении зараженности почв по некоторым заранее установленным показателям.

Практически для осуществления этого метода, исходя из только что указанных теоретических предпосылок, необходимо, следовательно, иметь следующее: 1) равномерно зараженную почву; 2) одну и ту же навеску почвы на препарате и 3) равномерное распределение взятой почвенной навески на всегда одной и той же по величине площади препарата.

Что касается первого условия, то оно, конечно, вполне достижимо — при тщательном растирании и перемешивании испытуемой пробы. Точно так же можно сказать и относительно третьего условия — о приготовлении препаратов всегда с одной и той же площадью по величине; это очень легко осуществимо и по существу носит чисто технический характер выпол-

нения. Для этой цели необходимо лишь пользоваться особыми заготовленными бумажными стандартами, величиной с предметное стекло, в центре которых находится зачерненная тушью поверхность желаемого размера. Таким образом, приготовление препаратов с равной площадью будет чрезвычайно просто, стоит только предметное стекло класть на этот бумажный стандарт и при нанесении и распределении почвы на препарате поступать таким образом, чтобы не заходить за пределы зачерненной площади стандарта.

Что же касается второго условия, то оно практически, конечно, вполне возможно, но принимая во внимание, что эта операция точного взвешивания отнимает довольно много времени и к тому же требует наличия точных аналитических весов, которые могут быть не на всех агрономических пунктах, где может быть проведена работа по экспертизе почвы, были сделаны некоторые попытки к упрощению этого момента.

В связи с этим необходимо было выяснить прежде все следующее: насколько будет велика ошибка и насколько велики будут отклонения в частоте встречаемости спор в поле зрения, при условии нанесения почвы на препарат без применения точного взвешивания, нанося лишь в равных количествах на-глаз. Такая замена операции взвешивания мне казалась вполне допустима для целей практического применения метода, при условии просеивания исследуемых проб через мелкое металлическое сито с отверстиями в диаметре в 1 мм. Для выяснения этого положения был проделан ряд определений по установлению степени колебания частоты встречаемости спор в поле зрения при условии взятия почвенной навески на-глаз. Все определения по данному методу проводились в основном над той же подзолистой почвой, с которой проводились и все предыдущие эксперименты, и лишь для проверки пригодности этого метода и для других почв ряд определений был сделан и над садово-огородной черноземной почвой.

Как показали результаты исследований, величина *A* (средняя частота встречаемости спор в поле зрения препарата), хотя и колеблется в известных пределах, все же вполне может характеризовать степень зараженности и находится в пропорциональной зависимости от интенсивности заспоренности почвы: большей зараженности соответствует и больший показатель — большая частота встречаемости спор в поле зрения препарата. Беря средние данные по показателям параллельных проб, при различной зараженности почвы получаем соотношения, приведенные в таблице 7.

Таблица 7

Среднее значение показателей (*A*) для почв с различной зараженностью

№№ по пор.	Зараженность 1 г почвы	Колебания *A*		Средн. знач. *A*
		От	До	
1	0	0	0	0
2	100 000	0	0,16	0,1
3	500 000	0	0,66	0,2
4	1 000 000	0,1	1,75	0,58
5	3 000 000	0,5	2,4	1,21
6	6 000 000	0,5	3,7	1,72
7	9 000 000	1,5	7,3	3,69

Таким образом, при определении зараженности почвы килою необходимо найти величину *A* и по данной таблице находим соответствующую

у зараженности, выраженную в количестве спор, приходящихся на 1 г почвы.

Показатели были установлены для почв, имеющих зараженность от 0 до 9 милилонов спор на 1 г почвы, считая, что такая амплитуда вполне достаточна для определения встречаемой зараженности естественных почв.

Считая метод показателей вполне пригодным для практических целей— определения зараженности почвы килою, привожу ниже подробное описание методики работ.

Метод показателей. Метод показателей складывается из трех следующих технических моментов: 1) приготовление почвы для препаратов, 2) техника приготовления препаратов, 3) техника подсчета.

Само собой разумеется, что приготовлению почвы для препаратов должно предшествовать взятие почвы с участков, но я не буду касаться здесь техники взятия проб с поля, поскольку этот вопрос является общим для всех методов; о нем будет сказано в специальной главе ниже, здесь же я начну сразу подробное описание остальных моментов, предполагая, что мы имеем дело с почвенной пробой, уже взятой с поля.

1. Переходя к вопросу приготовления почвы для препаратов, необходимо прежде всего сказать, что точность метода определяется прежде всего этим моментом, так как именно им достигается получение средней пробы, что, конечно, является чрезвычайно важным для определения фактической заспоренности почвы паразитом. Поэтому вполне понятно, что данную операцию нужно производить со всей тщательностью. Технически она проводится следующим образом: почвенная навеска в 25—30 г для получения равномерного распределения инфекционного начала по всей массе подвергается тщательному растиранию небольшими порциями в ступке. Растертая и перемешанная таким образом почва ссыпается в стеклянную банку с притертой пробкой (абсолютно сухую во избежание прилипания спор к стенкам), емкостью в один литр и встряхивается в банке в течение 15—20 мин. После такого встряхивания получаем равномерно зараженную почву, готовую для приготовления препаратов.

В случае определения зараженности ряда проб необходимо банку тщательно споласкивать водою и вытирать совершенно насухо, во избежание занесения заразного начала из одной пробы в другую. Еще лучше для ускорения хода работ иметь несколько таких банок, заранее приготовленных.

2. Техника приготовления препаратов. Прежде всего для приготовления препаратов необходимо иметь абсолютно чистые предметные стекла, так как от этого зависит прочность прилипания спор к стеклу, что позволяет им при промывании препарата струей воды оставаться не смываясь. Стекла рекомендуется мыть в насыщенном растворе $K_2Cr_2O_7$ в крепкой H_2SO_4, тщательно промывая их большим количеством воды для удаления следов кислоты.

На вымытых таким образом стеклах готовятся препараты. Для удобства нанесения почвы на препарат, последнюю высыпают из банки (в которой она перемешивалась) в чашку Петри. Для получения препарата, занимающего определенную площадь, что, как уже указывалось раньше, является одним из основных условий метода, предметное стекло кладется на приготовленный бумажный стандарт с зачерненной площадью, равной величине покровного стекла (18 × 18 мм, см. рис. 2).

Нанесение почвы на препарат удобнее всего производить боковой стороной препаровального копья, так как таким образом достигается возможность переносить зараз чрезвычайно малые количества почвы, беря каждый раз из разных мест чашки. На препарат почва должна быть перенесена в 50 приемов; этим достигается получение средней „микропробы". Навеска такой „микропробы" должна быть около 0,0030—0,0050 г и все последую-

щие препараты должны иметь примерно такой же вес на-глаз, что при известном навыке не представляет особых затруднений и не дает больших отклонений.

В крайнем случае для ориентировки на первый раз можно рекомендовать сделать почвенную навеску в 0,03—0,05 г и из нее приготовить 10 препаратов, беря для них почву уже на-глаз.

Рис. 2. Стандарт для приготовления препаратов.
Fig. 2. A standard for making preparations.

Нанесенную „микропробу" тщательно размешивают с каплей воды (спущенной пипеткой, не прикасавшейся к пробе) плоской стороной того же препаровального копья по всей зачерненной площади стандарта, тщательно следя за тем, чтобы не выйти за ее пределы. После такого перемешивания и доведения препарата до нужных размеров (18 × 18 мм) препарат высушивается над спиртовкой (но не в огне) и фиксируется 3-кратным пронесением через огонь.

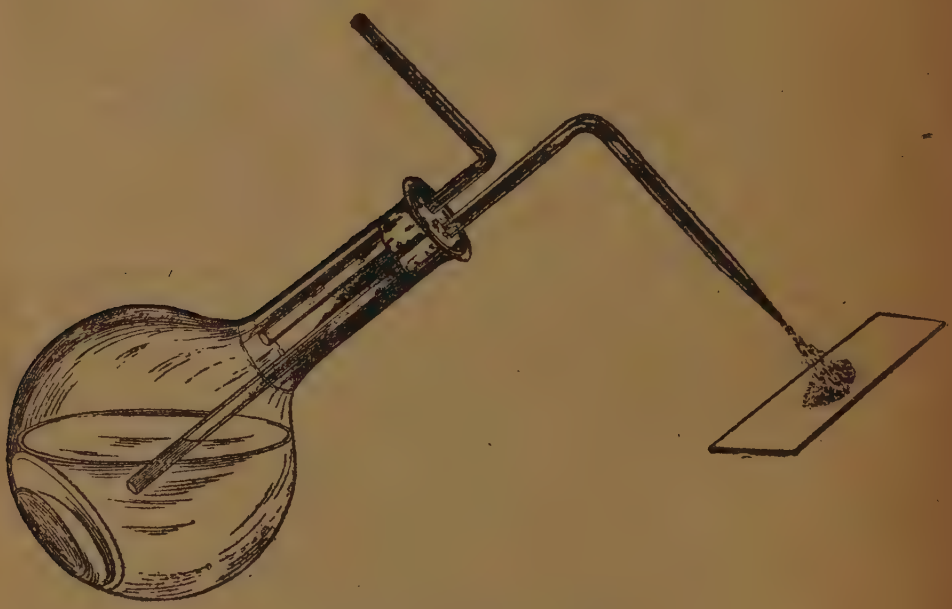


Рис. 3. Промывание препарата.
Fig. 3. Washing of a preparation.

Дав отстыть препарату, наносят несколько капель Blue cotton (1% раствор в молочной кислоте), следя за тем, чтобы краской был покрыт весь препарат. Для большего прокрашивания препарат подогревают над спиртовкой (до появления паров молочной кислоты), причем препарат ни в коем случае не должен вскипать во избежание смывания спор. Дав несколько остыть препарату (не до холодного, а лишь для того, чтобы при промывании холодной водой не лопнуло стекло), он промывается легкой струей воды из промывалки (см. рис. 3). Промывка препарата продолжается до полного

обесцвечивания препарата на-глаз, после чего можно приступить уже к его микроскопическому анализу.

Рассматривание препарата рекомендуется лучше производить, накрыв его покровным стеклом. Благодаря окрашиванию Bleu cotton споры *Pl. brassicae* получают интенсивно синюю окраску и резко выделяются на бесцветном фоне препарата, чем значительно облегчается исследование и обнаружение спор килы. Интенсивно синее окрашивание, сильная преломляемость света и резко очерченные границы спор позволяют сравнительно легко отличить их от присутствующих других организмов почвы.

Из каждой испытуемой пробы приготовляется по 10 препаратов.

3. Техника подсчета спор в препарате. Микроскопический просмотр препаратов уже сразу дает представление о качественной оценке зараженности почвы (см. таблицу VI). В случае положительной качественной оценки зараженности почвы можно приступить и к определению степени заспоренности,—к количественному определению.

Для количественного определения в каждом препарате просматривается по 12 полей зрении и отмечается количество спор, найденных в каждом поле зрения отдельно. Для ускорения техники подсчетов удобнее производить подсчет в раз установленном порядке движения препарата из одной стороны в другую; так, при моих исследованиях последовательность расположения полей зрения была такой, как это изображено на рисунке 4. Раз установленный порядок позволяет машинально передвигать препарат без малейшей боязни сосчитать два раза одни и те же споры.

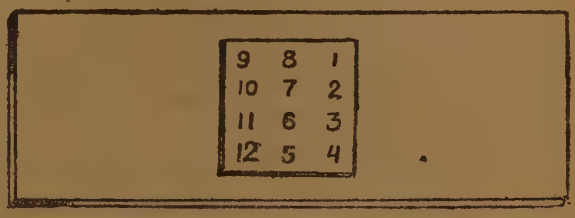


Рис. 4. Порядок просмотра полей зрения препарата под микроскопом.

Fig. 4. The sequence of the examination of the field of vision of the preparation under microscope.

Полученные результаты от подсчета опять-таки с чисто технической стороны удобнее записывать в таблички следующего вида (см. табл. 8).

Такого рода записи особенно необходимы в случаях массового определения зараженности проб. Определив величину *A* по таблице, приведенной на стр. 68, находим соответствующее ей численное выражение зараженности 1 г почвы спорами *Pl. brassicae*.

4. Технические указания к методу. Для быстрого освоения работ методом показателей и для наметки глаза в отношении распознавания спор *Pl. brassicae* в почве рекомендуется приготовить препарат из чистой споровой взвеси килы, фиксированный и окрашенный Bleu cotton так же, как это делалось и в случае приготовления почвенных препаратов. Присмотревшись к тому, как выглядят споры на таком препарате, уже не будет никаких затруднений при распознавании их в почве.

Такие препараты вообще желательно иметь в виде постоянных препаратов, используя их в качестве сравнительного материала во всех затруднительных случаях распознавания спор в почве.

IV. Сравнительная оценка методов.

Подытоживая полученные данные по сравнительной оценке применения различных методов, как уже известных, так и вновь разработанных, подробное описание которых дано в предыдущей главе, приходится сделать заключение, что не все методы в одинаковой степени пригодны для определения зараженности почв килою.

Таблица 8

Карточка для записей результатов анализа зараженности почв килою

№№ пробы	Происхождение почвы	№№ препаратов	Номера полей зрения												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	*A*
			Количество спор в поле зрения												
		1													
		2													
		3													
		4													
		5													
		6													
		7													
		8													
		9													
		10													

Среднее значение *A* . . . . . .

Примечание. *A*—средняя частота встречаемости спор в поле зрения препарата.

Из 6 методов: 1 — метод отмывок, 2 — метод фракционных отмывок 3 — центрифугирования, 4 — метод отделения спор по удельному весу, 5 — метод Виноградского и 6 — метод показателей, для целей качественного и количественного определения заспоренности почвы спорами *Pl. brassicae*, могут служить лишь 2 метода: метод фракционных отмывок и метод показателей. Как тот, так и другой, являясь достаточно простыми методами по технике выполнения, дают в то же время цифровые показатели по зараженности, близкие к истинным.

Все остальные методы, давая значительное отклонение то в сторону уменьшения, то в сторону увеличения данных по зараженности, конечно, ни в коем случае не могут служить для целей количественных определений зараженности почвы; поскольку же отношения между качеством и количеством взаимны и одно неразрывно связано с другим, то применение этих методов и для целей качественной характеристики заспоренности почвы тоже неприемлемо. Так, в случае пользования методами отмывок, центрофугирования и методом отделения спор по удельному весу (т. е. всеми теми методами, которые дают значительно преуменьшенные данные) при определении зараженности почв, имеющих небольшую заспоренность, могут быть получены отрицательные результаты, притом только лишь в силу недостатков самого метода, не позволяющих обнаружить присутствие спор в малых количествах. Поэтому, при определении зараженности почв килою рекомендуется как качественную, так и количественную оценку проводить по методу фракционных отмывок и по методу показателей, в которых количество неразрывно связано с проявлением качества.

Что же касается сравнительной оценки двух последних методов, то методу показателей необходимо дать предпочтение по той причине, что он является более простым по технике выполнения и более точным, поскольку он основан на непосредственном подсчете спор, находящихся в почве. Но, отмечая преимущества метода показателей (проработанного, правда, пока

еще только в условиях лабораторной практики), по сравнению с остальными методами, необходимо отметить и то, что он страдает существенным недостатком, поскольку он не дает возможности учесть изменения качества. Поскольку же все различия и изменения качества неизбежно ведут к изменению и количества, то, не учитывая эти проявления различия в качестве, мы неизбежно должны притти к ложным выводам в численной характеристике зараженности почвы килою. Таким образом, метод коэффициентов с диалектической точки зрения нуждается в некоторых изменениях, применение которых позволит дать правильную оценку заспоренности почвы спорами *Pl. brassicae*.

Качественные изменения в спорах, по отношению к которым проводится количественный учет, могут быть настолько сильны, что количественные показатели будут иметь совершенно другую величину. Это будет иметь место в том случае, когда жизнедеятельность спор будет равна нулю. Имея же в виду дать количественную оценку зараженности почвы паразитом, конечно, нельзя не учитывать этих качественных изменений, которые по существу сводят на-нет количественную зараженность почвы килою. В виду же того, что эти качественные изменения в спорах настолько мало проявляются в морфологических изменениях объекта (а такие изменения, конечно, должны быть, поскольку морфология неразрывно связана с физиологией), что мы еще не умеем просто по внешнему виду отмечать отмершие споры от живых,—необходима разработка каких-то методов, которые бы дали возможность распознавать жизнедеятельные споры от отмерших.

Такой метод распознавания состояния жизнедеятельности спор у *Pl. brassicae*, отмеченный Bremer'ом (4), был мною разработан детально в 1928 году. (9) Метод позволяет чрезвычайно быстро и точно дать характеристику жизнедеятельности спор на основе появления плазмолиза у живых спор при действии на них концентрированным раствором того или иного вещества, в отличие от отмерших спор, у которых явление плазмолиза вызвать не удается.

Таким образом, определив количественную зараженность почвы килою методом показателей, необходимо внести поправку к полученным данным с знаком минус, которая и будет характеризовать собою количество отмерших спор. Оставшаяся величина показывает фактическую зараженность почвы паразитом. Для определения численного значения этой поправки необходимо получить споровую взвесь методом фракционных отмывок и по препаратам, приготовленным из каждой фракции, выявить процент жизнедеятельных спор. Общий средний процент жизнедеятельных спор в почве выводится из данных, полученных по каждой фракции отдельно.

Технически определение процента жизнедеятельных спор проводится по следующей схеме: 1) приготовляется препарат из фракции простым нанесением капли водной взвеси с спорами на предметное стекло; 2) накрыв препарат покровным стеклом, под микроскопом устанавливают на более лучшее место препарата с большим количеством спор в поле зрения; 3) плазмолизируют споры концентрированным раствором сахара (30—40%) с прибавлением в раствор небольшого количества краски Neutralrot.

С применением окраски картина плазмолиза становится наиболее четкой, но плазмолизирование может быть, в случае отсутствия Neutralrot, наблюдаемо и без него. При этом поступают так: наносят несколько капель раствора на предметное стекло у самого края покровного, с противоположного края капли кусочком фильтровальной бумаги начинают втягивать раствор сахара под покровное стекло до тех пор, пока конец фильтроваль-

ной бумаги не окрасится в розовый цвет, что указывает на то, что раствор сахара проник в весь препарат (см. рисунок 5).

Причем такое втягивание раствора под стекло рекомендуется делать под микроскопом, одновременно следя за передвижением спор, *передвигая препарат* рукой, чтобы не выпускать из поля зрения намеченное место в препарате.

В результате такой операции все жизнедеятельные споры чрезвычайно быстро примут резко отличную форму от спор отмерших: у жизнедеятель-

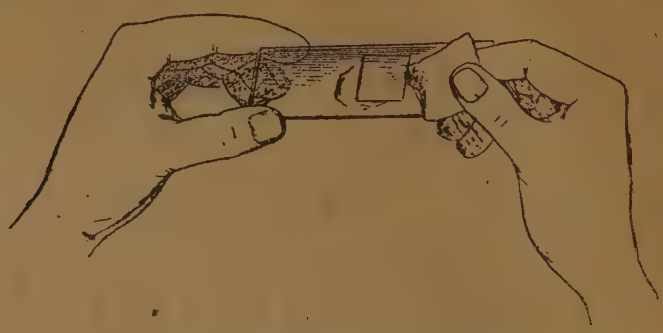


Рис. 5. Техника плазмолизирования.
Fig. 5. Method of plasmolysis.

ных спор внутреннее содержимое споры стягивается в виде полулуния к одной из сторон оболочки, что особенно хорошо заметно вследствие окрашивания плазмы в розовый цвет. Вследствие одностороннего стягивания плазмы такие споры имеют серповидную форму, поскольку оболочка

Рис. 6. Споры: налево—неплазмолирующиеся (нежизнеспособные); направо—плазмолирующиеся (жизнеспособные).
Fig. 6. Diagrams: left—of not plasmolysed spores (non vital, right—of plasmolysed ones (vital).

с противоположной стороны стянутой плазмы едва различима и то лишь при внимательном осмотре препарата. У отмерших спор явление плазмолиза не наблюдается и споры, будучи окрашенными в розовый цвет, не теряют своей правильно круглой формы (см. рисунок 6).

Подсчет плазмолизированных спор из общего количества и дает процент жизнедеятельных спор. Средний процент жизнедеятельных спор в данной пробе выводится из данных, полученных по каждой фракции

отдельно, а не по одной какой-либо из них, поскольку очень возможна, что скорость отмытия живых и мертвых спор не будет всегда одинаково, вследствие чего в одной фракции может быть преобладание одних над другими, что приведет к неправильным выводам относительно процента жизнедеятельных спор.

Таким образом, о качественной и количественной зараженности почв можно судить лишь в результате одновременного применения двух методов: метода фракционных отмывок и метода показателей.

Однако, при этом необходимо оговорить, что применение этих методов ставится в зависимость от обязательного предварительного удаления всех оставшихся кочерыжек с поля, иначе в остающихся киластных наростах мы имеем значительное количество спор, которые после распада ткани дадут большое увеличение зараженности почвы.

V. Техника взятия почвенных проб с поля.

Проведению микроскопического анализа должно предшествовать взятие почвенных проб с поля. Правильная оценка зараженности почв в значительной мере определяется правильностью взятия проб в поле, поэтому необходимо остановиться несколько подробнее на рассмотрении этого вопроса.

Касаясь техники взятия почвенных проб, следует рассмотреть несколько моментов, а именно: 1) время взятия проб, 2) саму методику взятия проб, 3) подготовку почвы для анализа, 4) срочность проведения анализа.

Разберем каждый из указанных моментов в отдельности.

1. Время взятия проб.

Исходя из соображений практического порядка, время взятия проб целесообразно приблизить ко времени незадолго до посева с таким расчетом, чтобы, в случае обнаружения спор килы в почве, можно было провести оперативные мероприятия по борьбе с паразитом. При этом необходимо иметь в виду время, потребное для определения зараженности почв килою. Микроскопический анализ почвы на присутствие в ней спор килы может быть проведен со скоростью 2—3 образцов одним человеком в день и, таким образом, количеством присланных образцов определяется и промежуток времени, необходимого для окончательного решения вопроса о зараженности почвы.

Проведение анализов весной диктуется тем обстоятельством, что, в случае обнаружения спор в почве в осенний период, еще нет оснований предполагать об обязательной необходимости проведения мер борьбы для обеззараживания почвы, так как в ряде случаев практиками отмечались факты полного отсутствия заражения капусты на следующий год на тех участках, где в предыдущие годы наблюдалось сильное заражение культуры. Какие факторы вызывают данное явление, сказать трудно, но очень возможно, что комплекс неблагоприятных почвенных условий в период зимовки спор вызывает их отмирание, в результате чего необходимость проведения обеззараживания почвы отпадает. Следовательно, даже в случае обнаружения спор килы в почве при осеннем анализе, необходимо, с точки зрения хозяйственной целесообразности, сделать повторный анализ весной, так как только по прошествии периода зимовки можно говорить о проценте жизнедеятельных спор и потому результаты весеннего анализа будут решающими.

Однако, имея о виду крупное огородное хозяйство с большой площадью посева, могут встретиться некоторые трудности в необходимости быстрого проведения анализа большего количества почвенных проб в не-

большой промежуток времени. Поэтому, в данном случае может быть рекомендовано следующее: количественное определение зараженности провести в осенний период (методом показателей), весною же только определить процент оставшихся жизнедеятельных спор (методом фракционных отмывок), что может быть проделано чрезвычайно быстро и нет опасности затянуть решение вопроса о необходимости проведения обеззараживания почвы.

2. Методика взятия почвенных проб.

При экспертизе почвы на зараженность ее килою нет необходимости придерживаться методов, применяемых при обычных исследованиях почвенной микофлоры, где почвенные пробы берутся в условиях строгой стерильности с применением стерильного скальпеля, стерильных конвертов и пр. Имея дело с экспертизой почвы на килу, являющейся паразитной формой, соблюдение таких сугубо стерильных условий абсолютно не имеет необходимости, так как занесение организма извне в данном случае сведено к нулю. Все меры предосторожности должны быть в данном случае направлены на невозможность занесения заразного начала из одной пробы в другую при одновременном взятии нескольких проб.

Касаясь техники взятия проб, необходимо указать на то, что, поскольку *Pl. brassicae* является паразитом корневой системы, нет также необходимости брать пробы из очень глубоких слоев почвы. Вполне достаточно брать почву с поверхности земли до слоя глубиною в 10 см в случае невспаханного участка и до 15—20 см при вспаханном. Кроме того, имея в виду, что заражение почвы килою чаще всего бывает не сплошным, а пятнами, захватывая лишь отдельные участки поля, чаще всего краевые, то было бы не совсем правильно брать одну среднюю пробу и по ней определять зараженность. Такой метод взятия проб может привести в ряде случаев к совершенно нерациональной затрате средств на проведение мероприятий по борьбе на значительно большей площади, чем это нужно в действительности.

Касаясь методики взятия почвенных проб, необходимо указать, что это является абсолютно неразработанной областью, не только в отношении *Pl. brassicae*, но и в отношении остальных почвенных грибов. Не имеется никаких обоснованных ни литературных, ни экспериментальных данных, которые давали бы указание на то, как нужно брать пробы при почвенных исследованиях, в каком количестве, со скольких мест участка, принципы выбора этих мест, словом, всего того, что совершенно необходимо для получения истинного представления о зараженности почв. Правда, в области бактериологии техника взятия почвенных проб является более разработанной частью, чем в фитопатологии, но и то поскольку это касается лишь способов взятия почвы с одного гнезда. С этой целью в бактериологии сконструированы различных систем буры (28), позволяющие стерильно брать почвенные пробы с различных глубинных слоев. Относительно же уточнения и обоснования всех остальных моментов техники взятия почвенных проб тоже по существу не имеется никаких данных. Имеющиеся кое-какие литературные данные о технике взятия проб (21), с моей точки зрения, лишены ценности только потому, что они являются не результатом сравнительной оценки различных приемов и методов в отношении получения истинной картины зараженности почв, а просто методами, исходящими из теоретической предпосылки—чем больше проб, тем ближе к истине.

Если взятие почвенных проб не представляло раньше особых затруднений в случае зараженности почв, то только по причине того, что шла речь о выяснении зараженности очень небольших площадей единоличного

хозяйства, где, вследствие небольших размеров участка, была возможность взять большое количество проб и тем самым дать некоторую среднюю оценку зараженности. Применение такого же принципа взятия проб с возможно большего количества мест в условиях наших совхозных и колхозных хозяйств, ведущих хозяйство на сотнях и тысячах га, является, конечно, совершенно неприемлемым. Механическое перенесение методов исследования, применяемых в мелком единоличном хозяйстве (на которые раньше и была ставка), на крупные хозяйства, практически бы привело к взятию тысячных количеств проб, для исследования которых нужно было бы иметь целый институт сотрудников при каждом таком хозяйстве.

Таким образом, из постановки вопроса со всей очевидностью вытекает необходимость быстрейшего разрешения методических вопросов, касающихся определения зараженности почв и техники взятия проб в условиях крупных совхозных и колхозных хозяйств. Однако, потребность в таких методах в отношении учета зараженности почв килою настолько велика, что необходимо дать сейчас, еще до конца получения экспериментальных данных, какие-то установки, которые позволили бы нашим огородным хозяйствам провести работу по выяснению зараженности почв этим паразитом. Таким образом, переходя непосредственно к изложению техники взятия почвенных проб для анализа их на килу, я заранее оговариваюсь на отсутствие экспериментальной проверки этого метода и исхожу лишь из теоретических предпосылок, по которым должна развернуться эта работа в будущем.

Считаю это возможным сделать с целью быстрейшего продвижения в производство уже полученных данных по методике определения зараженности почв килою, не дожидаясь окончательных результатов работы во всей ее полноте, дав возможность хозяйству пользоваться научными данными по мере их получения по ходу исследовательской работы, с тем, чтобы в дальнейшем по получении результатов применения этого метода в хозяйстве и дальнейшей его разработки в исследовательском порядке вносить обоюдные поправки, вовлекая тем самым производственные организации в научно-исследовательскую работу.

Взятие почвенных проб в полевых условиях. При взятии почвенных проб в поле прежде всего необходимо иметь несколько небольших мешечков или банок, в которые и берутся средние пробы с различных участков. Пробы берутся ножом или металлической (столовой или чайной) ложкой. При одновременном взятии проб с нескольких участков необходимо (как это уже указывалось раньше, стр. 74) инструмент, которым берется проба, при переходе с одного участка на другой тщательно споласкивать водою для удаления приставших спор, во избежание занесения заразного начала из одной пробы в другую.

При взятии проб с больших площадей необходимо разбить всю площадь на три типа участков, отличающихся друг от друга по своим экологическим условиям в отношении *Pl. brassicae*. Первый тип—это участок, имеющий наиболее благоприятные условия для заражения культуры; особенности его характеризуются тем, что он расположен в более низких и более сырых местах, имеет более кислую почву и имел предшествующую культуру из семейства крестоцветных, или был засорен растениями из дикорастущей крестоцветной флоры.

Второй тип, в отличие от первого, обладает как раз противоположными свойствами, т. е. расположен в более сухом и высоком месте, имеет щелочную реакцию почвы и не имел предшествующей культуры или сорняков из семейства крестоцветных. Наконец, третий тип—это участок, обладающий промежуточными свойствами, т. е. в отношении некоторых моментов он приближается к первому типу, в отношении же других—ко второму.

В зависимости от того, с каким типом участка мы имеем дело, будет определяться и количество проб, необходимых для характеристики зараженности участка спорами *Pl. brassicae*; так, для первого типа участка достаточно взять 8 проб, для второго 3 и для третьего 5. При этом все эти 8, 5 и 3 пробы являются средними пробами, т. е. пробами, являющимися в результате взятия почвы в нескольких местах, не меньше, чем в 20 различных местах каждого выделенного участка, причем почва в данном случае берется на всей глубине до 10 см от поверхностного слоя в случае невспаханного участка и до 15—20 см при вспаханном. Каждый образец, т. е. каждая средняя проба в общей сложности имеет около ½ килограмма почвы. Мешочек с каждым образцом почвы должен быть снабжен номером или просто пометкой номера того участка, на котором он был взят, чтобы знать в случае обнаружения килы в таком образце, где, т. е. на каком участке необходимо провести обеззараживание почвы.

Взятие почвенных проб в парниках. Имея парниковое хозяйство, исчисляемое тысячами отдельных рам или гряд, конечно, не может быть и речи об исследовании каждой такой рамы или гряды. В данном случае опять-таки следует придерживаться принципа разбивки всех парников на различные группы и брать средние пробы в каждой группе в отдельности, причем признаком, определяющим выделение тех или иных парников в отдельную группу, могут быть: 1) парники, отличающиеся друг от друга по типу (рамы, гряды); 2) парники, набитые почвой, взятой из разных мест; 3) парники, отличающиеся друг от друга по времени набивки; 4) по происхождению навоза; 5) по условиям, в которых содержатся рамы, если таковые различия есть.

Во всяком случае, конкретное решение вопроса в каждом отдельном хозяйстве, на какое количество типов и по какому признаку можно разбить все парники хозяйства, не представляется затруднительным. Притом, в случае выделения рам в группы, отличающиеся по тем или иным признакам, в каждой группе отбирается средняя почвенная проба. Средняя проба является в результате взятия почв примерно с 20 различных рам. В каждой раме рекомендуется брать почву в различных местах, по двум диагоналям рамы, беря почву, опять-таки на всей глубине—с поверхности примерно до 15 см глубины. В итоге каждый образец (почва с 20 рам), т. е. средняя проба, будет являться результатом взятия почвы в 200 местах (20 рам по 10 проб в каждой), с весом почвы около $^1/_2$ кг. В случае большого количества рам, входящих в группу, или в случае, когда все парниковое хозяйство представляется однотипным и, следовательно, не поддается разбивке на группы, тогда может быть взято несколько средних отдельных образцов, количество которых будет зависеть от количества рам, входящих в группу.

Брать среднюю пробу с количества рам большего, чем 20, не является целесообразным из тех соображений, что, в случае обнаружения спор килы в пробе, все рамы, с которых была взята средняя проба, подлежат обеззараживанию и, следовательно, чем больше будет включено рам в отбор средней пробы, тем на большее количество рам должна будет распространиться необходимость обеззараживания почвы, хотя фактически в таком обеззараживании могут нуждаться вовсе не все рамы. Это может иметь место в тех случаях, если в числе рам попадутся единичные зараженные рамы: при взятии одной средней пробы со всех рам они дадут положительную оценку зараженности и для всех остальных.

3. Подготовка почвы для анализов.

Для микроскопического анализа из каждого взятого почвенного образца в лаборатории отбирается уже окончательная средняя проба. Технически это делается так: вся почва данного образца рассыпается тонким

слоем на большой лист бумаги в виде квадрата и по обеим диагоналям квадрата отбирается проба в 100 грамм, которая представляет собой среднюю пробу образца. Отобранная почва в свою очередь рассыпается тонким слоем на лист бумаги и оставляется лежать при комнатной температуре для доведения ее до воздушно-сухого состояния. При достаточно тонком слое практически достаточно оставить почву на ночь.

Высушенная таким образом почва просеивается через мелкое сито для освобождения от различных каменистых частей и из нее отбирается проба в 20—25 г. по которой уже и определяется зараженность почвы. Для получения более гомогенной и равномерно зараженной почвы эта проба (последняя в 20—25 г) растирается отдельными частями в ступке, после чего ссыпается в стеклянную банку с притертой пробкой и встряхивается в течение 15—20 минут, в результате чего получаем равномерно зараженную почву, совершенно готовую для приготовления препаратов.

Данные по исследованию нескольких проб дают совершенно сравнимые результаты по зараженности при условии работ с воздушно-сухой почвой.

4. Срочность проведения микроскопического анализа пробы.

Этот вопрос может всплыть при необходимости проведения анализа над большим количеством проб, в результате чего ряд образцов будет находиться тот или иной промежуток времени в условиях лабораторного хранения.

Насколько сильны изменения в отношении количественной зараженности почвы, лежащей в таких условиях, нет никаких ни литературных, ни опытных данных. Поэтому, с целью выяснения этого момента, были поставлены некоторые ориентировочные опыты, результаты которых приводятся в таблице 9.

Таблица 9

Изменения в показателях зараженности почвы после хранения в лабораторных условиях

№№ проб	Первоначальная зараженность 1 г почвы	Время хранения в днях	Зараженность 1 г почвы после хранения	Процент зараженности по отношению к первоначальной
1	300 000	3	300 000	100
2	500 000	6	300 000	60
3	1 000 000	11	700 000	70
4	3 000 000	1	3 000 000	100
5	3 000 000	18	1 500 000	50
6	5 000 000	2	4 500 000	90
7	6 000 000	4	6 000 000	100
8	7 000 000	5	2 800 000	40

Определение зараженности проводилось методом показателей.

В результате, как видно уже из этих немногих данных, замечается снижение показателей зараженности по мере увеличения срока хранения пробы, хотя и не в прямо пропорциональной зависимости. Чем объясняется данное явление, сказать трудно, не имея на то достаточных данных. Едва ли только можно это объяснить прорастанием спор, так как воздушно-сухая почва, лишенная достаточного количества влаги, необходимой для прорастания, создает слишком неблагоприятные условия для этого процесса.

Но каковы бы то ни были причины данного явления, не вдаваясь в анализ их происхождения, практически важно то, что поскольку все же были наблюдаемы факты снижения показателей зараженности, правда немногочисленные и нуждающиеся еще в проверке, можно рекомендовать проводить анализ почвы на ее зараженность (до получения окончательного решения этого вопроса) в течение 3—4 дней с момента взятия почвы с поля. В противном случае могут получиться данные, дающие совершенно иную картину зараженности по сравнению с фактической зараженностью почвы в естественных условиях.

Однако, в случае одновременного взятия большого количества проб и невозможности проведения анализа в пределах указанного срока (3—4 дня), необходимо взятые почвенные пробы хранить в условиях температуры и влажности, приближающихся к естественным. Для этого почвенные образцы хранятся в почвенных стаканчиках, или в банках с притертыми пробками (для предохранения от высыхания) вне лаборатории в прохладном месте. Это дает возможность сохранить естественную зараженность почвы. Приседение почвы к воздушно-сухому состоянию делается по мере проведения вамого анализа.

VI. Вопросы, требующие дальнейшей проработки.

Представленная работа отнюдь не должна рассматриваться как нечто законченное. В ряде моментов, как уже указывалось раньше, она требует проверки, уточнения и, кроме того, выдвигает необходимость постановки ряда вопросов, требующих быстрейшего разрешения в интересах дела борьбы с капустной килой.

Одним из таких вопросов является экспериментальная разработка методики и техники взятия почвенных проб в поле в условиях хозяйств с большой площадью засева. Должна быть разработана методика, применение которой дало бы возможность полностью охарактеризовать тот или иной участок в отношении зараженности его килою.

Вторым вопросом, экспериментальная разработка которого также необходима, будет установление соотношения между данными по зараженности почвы и процентом зараженных растений, выросших в условиях данной почвы. Иначе говоря, нужно установить, какой может быть ожидаем процент зараженных растений при той или иной количественной зараженности почвы. Процент зараженных растений определяется, конечно, не только одной величиной заспоренности почвы, но и комплексом целого ряда условий—почвенными, метеорологическими, сортовыми особенностями и пр.; поэтому и влияние всех этих факторов должно быть учтено.

Выяснение соотношения между заспоренностью почвы и фактической зараженностью растений должно иметь большое значение при учете рентабельности проводимых мероприятий в полевых условиях. Если в условиях парникового хозяйства обеззараживание почвы является абсолютно необходимым даже при минимальном заражении почвы, то в полевых условиях при незначительном заражении почвы, могущем вызвать незначительный процент заражения, проведение этих мероприятий может быть не рентабельным и спасенный урожай не окупит произведенных затрат. Отсюда и становится понятным значение и необходимость решения вопроса о соотношении между заспоренностью почвы и процентом заражения растений.

Наконец, третий момент, который тоже требует проработки, поскольку имеющихся данных недостаточно, это выяснение влияния условий и сроков хранения почвенных образцов на снижение их зараженности. Выяснение этого вопроса совершенно необходимо при

проведении работ по анализу почв на зараженность килою в широком масштабе, когда могут встретиться затруднения и даже невозможность быстрого проведения массового анализа проб.

Выяснением указанных моментов подведется прочно обоснованная база для организации и планомерного проведения мероприятий по борьбе с капустной килой.

VII. Выводы.

1. Отсутствие каких бы то ни было методов определения зараженности почв килою делало совершенно невозможным своевременное и плановое проведение мер борьбы по линии ликвидации паразита (*Pl. brassicae*), что в условиях организованного социалистического сельского хозяйства является совершенно недопустимым.

2. Проведенная работа ставила своей целью разработку метода определения зараженности почв килою, пригодного для широкого употребления.

3. При разработке методов были испытаны возможности применения уже ранее известных методов как из области фитопатологии, так и соприкасающихся дисциплин—бактериологии и механического анализа почв в почвоведении.

4. При испытании ранее известных методов ни один из них не дал положительных результатов для определения зараженности почв килою.

5. Хорошие результаты были получены при одновременном применении двух методов: 1) вновь разработанного метода показателей и 2) метода фракционных отмывок, являющегося некоторым видоизменением старого метода отмывок.

6. Одновременным применением метода фракционных отмывок и метода показателей дается возможность не только сделать качественную и количественную оценку зараженности почв, но и определить процент жизнеспособных спор.

7. С точки зрения целесообразности в условиях крупного огородного хозяйства рекомендуется в осенний период провести анализ на качественную и количественную оценку зараженности почв методом показателей, весною же определить только процент жизнеспособности спор и тем самым окончательно решить вопрос о необходимости применения мер борьбы.

8. Почвенные пробы, взятые для анализа, по ориентировочным предварительным данным, не должны лежать больше 4 дней, так как при большем сроке хранения их в лабораторных условиях процент зараженности их значительно снижается, в результате чего полученные данные расходятся с данными по фактической зараженности почв в полевых условиях. В случае массового проведения анализа и невозможности быстрого определения зараженности всех проб, взятые почвенные образцы должны храниться не в лабораторных, а в естественных условиях.

SUMMARY.

1) Owing to the absence of any methods of the estimation of soil infestation by *Plasmodiophora* it was quite impossible to undertake timely and planned control measures for the total destruction of the pest (*Pl. brassicae*). In the organised socialistic agriculture the indicated state of the things cannot be tolerated.

2) The purpose of the author's work is to elaborate a method of the estimation of the infestation of soils by *Plasmodiophora* which would be suitable for general use.

3) The author has studied the possibilities of the use of the formerly known methods of phytopatology and allied sciences, viz. bacteriology and mechanical analysis of soils in agronomy and pedology.

4) None of the old methods studied has afforded positive results as concerning the estimation of the infestation of soils by *Plasmodiophora*.

5) Satisfactory results are obtained when using simultaneously two methods: 1) the newly elaborated method of indexes and 2) the method of fraction washing which represents a sort of the modification of the old method of washing.

6) The simultaneous use of the method of fractional washing and that of indexes makes possible to carry through not only the qualitative and quantitative estimation of the soil infestation but also to estimate the percent of the vitality of spores.

7) In the large scale kitchen garden farms it is most reasonable to recommend for the autumn period the analysis of the quantitative and qualitative estimation of the infestation of soils by the method of indexes; while in spring only the percent of the vitality of spores should be estimated and thus the question be finally decided of the necessity of control measures.

8) According to preliminary data the specimens of soil taken for the analysis should not be kept in the laboratory more than 4 days, if one keeps them longer in the laboratory the percent of their infestation lowers considerably and thus the data obtained from their analysis do not correspond with the real infestation of soils existing in field. If the analyses are carried through en masse and no quick estimation of the infestation of all soil specimens is possible the latter should not be kept in the laboratory and the preservation in field conditions is necessary for them.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акимов. 1926. Способы количественного определения спор головни в зерне и муке.
2. Бондарцев. 1931. Болезни культурных растений и меры борьбы с ними.
3. Bredeman. 1911. Die quantitative microscopische Bestimmung der Brandsporen (Tilletia) im Mehl, Kleie und Getreide. Die Landw. Versuchsstationen. p. 135—157.
4. Bremer. 1923. Zur Frage der Boden des Infect. 59. p. 227—43.
5. Conn. 1918. The microscopic study of bacteria and fungi in soil II. Exp. St. Tech. Bull. 64.
6. Догель, Рамельмейер и Стрелков. 1927. К методике наблюдений над почвенными Protozoa. Тр. отд. с.-х. микробиол. Гос. Инст. Оп. Агрономии. Т. II, стр. 155.
7. Дорогин. 1931. Инструкция. Материалы по микологии и фитопатологии. Год VIII, в. 2, стр. 57—61.
8. Дианова и Ворошилова. 1924. К методике микробиологического исследования в почве. Научно-агроном. журнал № 1.
9. Федотова. 1928. Бактерии, сопутствующие *Pl. brassicae* Wor. и взаимоотношения их с паразитом. Материалы по микологии и фитопатологии. Год VII, в. I, стр. 11.
10. Glynne. 1926. The viability of the winter sporangia of Synchytrium endobioticum Pers., the organism causing wart disease in potato. Ann. of Appl. Biol. XII. I. p. 19—36.
11. Хетагурова. 1928. К методике определения спор головневых в почве (рукопись).
12. Худяков. Новые методы микробиологического анализа почв. Научно-агроном. журнал. Т. 2, стр. 305—326.
13. Исаченко. 1908. Об определении процента примеси головни. Тр. бюро по прикладной ботанике. I, № 11—12, стр. 273.
14. Костычев, Шелоумова и Шульгина. 1926. Исследования по биодинамике почв. I. Тр. отд. с.-х. микробиологии, т. I.
15. Koffman. 1926. Acta zoologica, 7, 277.
16. Лобик. 1926. К методике определения загрязненности зерен спорами головни. Защита Растений. Т. II.
17. Мавродиади. 1925. Зап. Белорусск. с.-х. Инст., вып. 9, стр. 1—7.
18. Наумов. 1926. Общий курс фитопатологии. Стр. 446—450.
19. Рихтер, А. А. и Рихтер, П. А. 1925. К вопросу о микроскопическом изучении почв. Ученые записки Саратовск. Гос. Универс., т. IV, в. 3, стр. 40—52.

20. Сабанин. 1927. Различные способы механического анализа почвы и способы двойного отмучивания с малой навеской. Журн. „Почвоведение", стр. 31—50.
21. Самуцевич. 1927. Инструкция для взятия проб, почв в целях исследования ее микофлоры. Памятная книжка по болезням льна. Изд. ГИОА.
22. Schander und Richter. 1923. Uber den Nachweis von Dauersporen von Chrysophlictis endobiotica Schilb. (Kartoffelkrebs) in den Kartoffeln anhaltenden Erde. Centr. f. Bact. B. 58, S. 454—61.
23. Симаков. 1927. К методике механического анализа почвы. Изв. Гос. Инст. Оп. Агрон. № 2—3, т. V, стр. 166—178.
24. Стрелков. 1930. О почвенных простейших в опыте высушивания пара, проводимом Отд. Полеводства Сев. Черноземн. с.-х. Оп. Ст. Тр. Отд. С.-х. Микробиол., т. IV, стр. 177.
25. Чуваев. 1931. Влияние люцерны и костра на динамику черноземных почв. Тр. Всес. Инст. С.-Х. Микробиол., т. IV, в. 3, стр. 73.
26. Шульгина. 1927. К вопросу о микроскопическом изучении микробиологического населения почвы. Тр. Отд. С.-Х. Микробиол.. т. II.
27. Шульгина. 1926. Микроорганизмы почвы и ее плодородие, стр. 1—98.
28. Шульгина, Береснева, Норкина. 1930. Материалы к микробиологической характеристике почв Туркестана. Тр. С.-Х. Микроб., т. IV, в. 2.
29. Whittles. 1923. The determination of the number of bacteria in soil. Agr. Sc. v. 13.
30. Winogradsky. 1924. La methode directe dans l'étude microbiologique du soil. Chimie et l'Industrie' vol. 11, № 2.
31. Winogradsky. 1924. Sur l'étude microscopique du soil. Comptes rend. d. Sèances d. l'Acad. d. Sciences. t. 179, p. 367.
32. Winogradsky. 1923. Sur la methode directe dans l'étude microbiologique du soil. Comptes rend. d. séances de l'Acad. d. Sciences, t. 177, B. 1001.
33. Виноградова-Федорова. 1931. К вопросу о простейших навоза. Тр. Вс. Инст. С.-Х. Микробиол., т. IV, 63.
34. Захаров. 1927. Краткий курс практических занятий по почвоведению. Гл. IV, стр. 164—137.
35. Зильберман и Кленов. О новых методах механического анализа и классификации фракций. Тр. Инст. Прикл. Минералогии и Металлургии. В. 29.

ОПИСАНИЕ РИСУНКОВ ТАБЛИЦЫ VI.

Качественное определение зараженности почв килою по методу показателей.

Рис. 1. Слабая зараженность.
Рис. 2. Средняя зараженность.
Рис. 3. Сильная зараженность.

EXPLANATION OF THE PLATE VI.

The qualitative estimation of the soil infestation by *Plasmodiodhora* (method of indexes). Magnification Leitz 3 × 7.

Fig. 1. The low infestation.
Fig. 2. The moderate infestation.
Fig. 3. The great infestation.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Федотова, Т. И. О новом этапе в развитии фитопатологии 3

Рохлина, Э. Я. К вопросу о невосприимчивости крестоцветных к *Plasmodiophora brassicae* Wor. 8

Наумова, Н. А. К выяснению влияния почвенных факторов на развитие килы крестоцветных 32

Федотова, Т. И. К методике определения зараженности почв килою (*Plasmodiophora brassicae* Wor.) 51

Редактор выпуска Т. И. Федотова.

CONTENTS

Page

Fedotova, T. J. On a new way of the development of phytopathology . . . 3

Rokhlina, E. J. On the absence of susceptibility to *Plasmodiophora brassicae* Wor. in *Cruciferae* 8

Naumova, N. A. A contribution to the knowledge of the influence of soil factors on the development of *Plasmodiophora* in *Cruciferae* 32

Fedotova, T. J. A contribution to the methode of the estimation of the infection of soil by *Plasmodiophora brassicae* Wor. 51

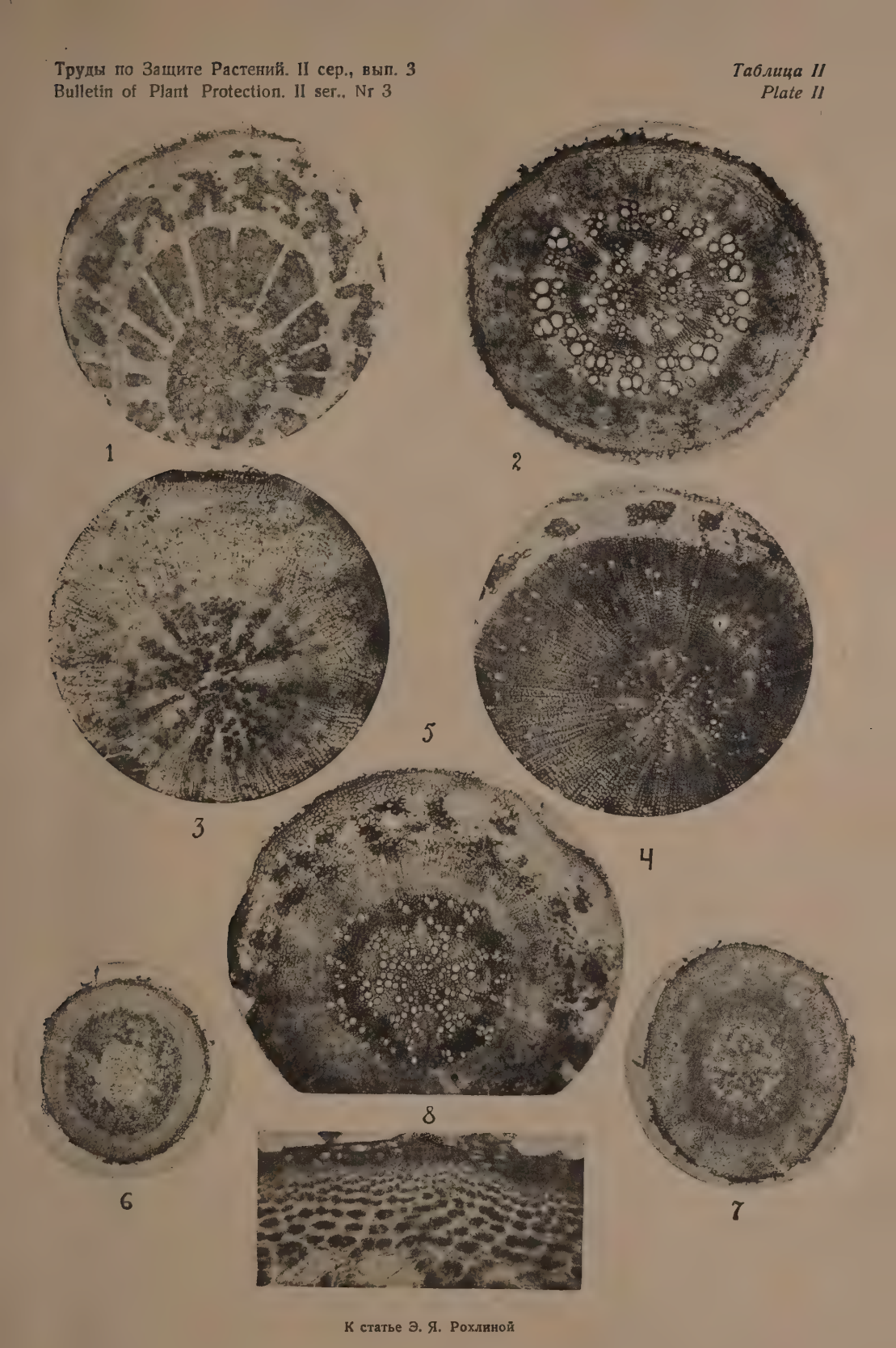
Editor T. J. Fedotova.

Издание Института Защиты Растений Всесоюзн. Академии С.-Х. Наук им. Ленина—№ 32.

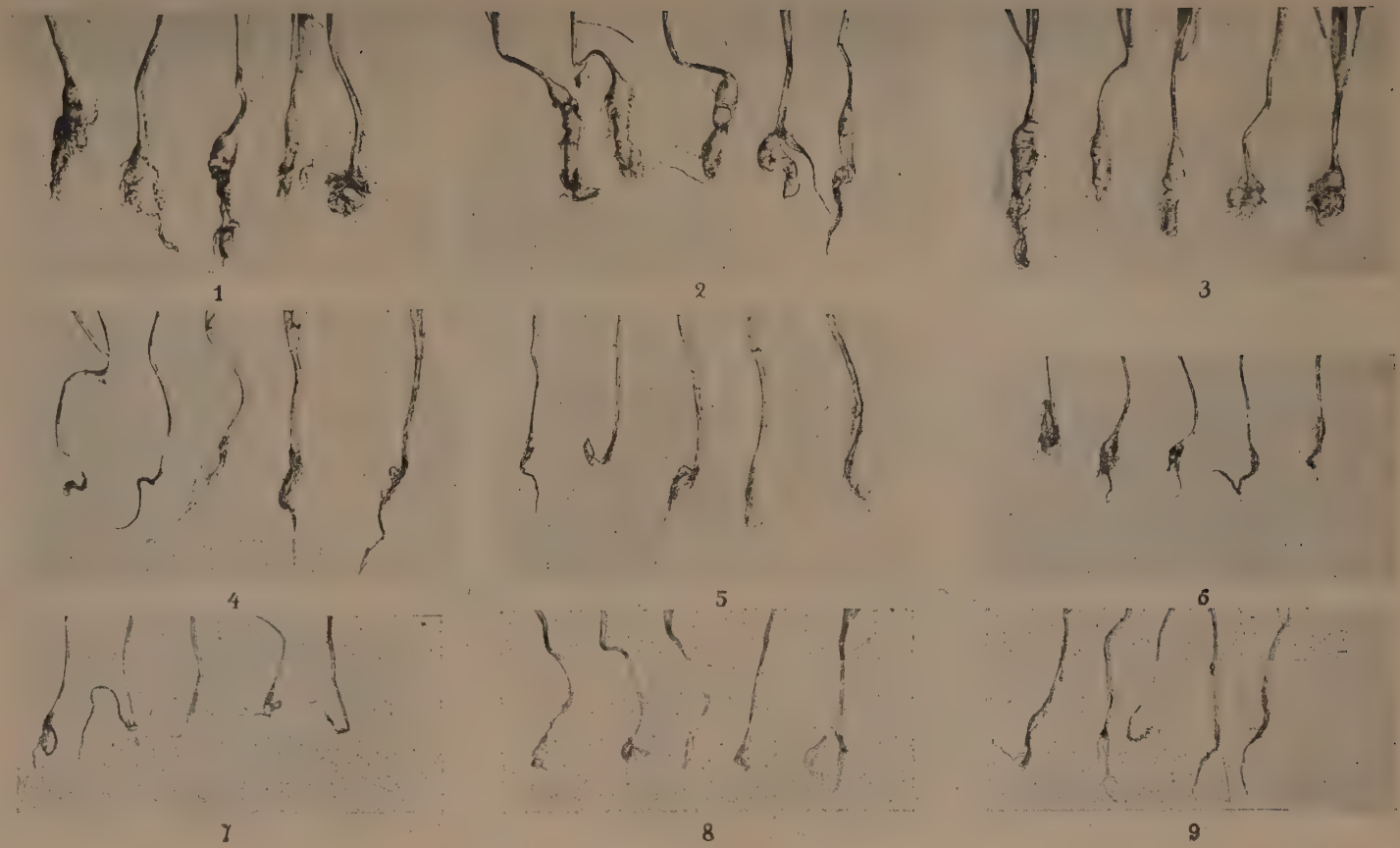
Ответств. редактор *М. М. Бек.* Технич. редактор *Ю. А. Таубер.*
Сдано в набор 28/IV 1933 г. Подписано к печати 23/VIII 1933 г.
Формат бум. 72×110 **Тип. знаков в 1 п. л.—58800**
Ленгорлит № 8581 **Тираж 1000 экз.** **5¼ п. л.** **Заказ № 1644**

2-я тип. Изд-ва Леноблисполкома и Совета, ул. 3-го июля, 55.

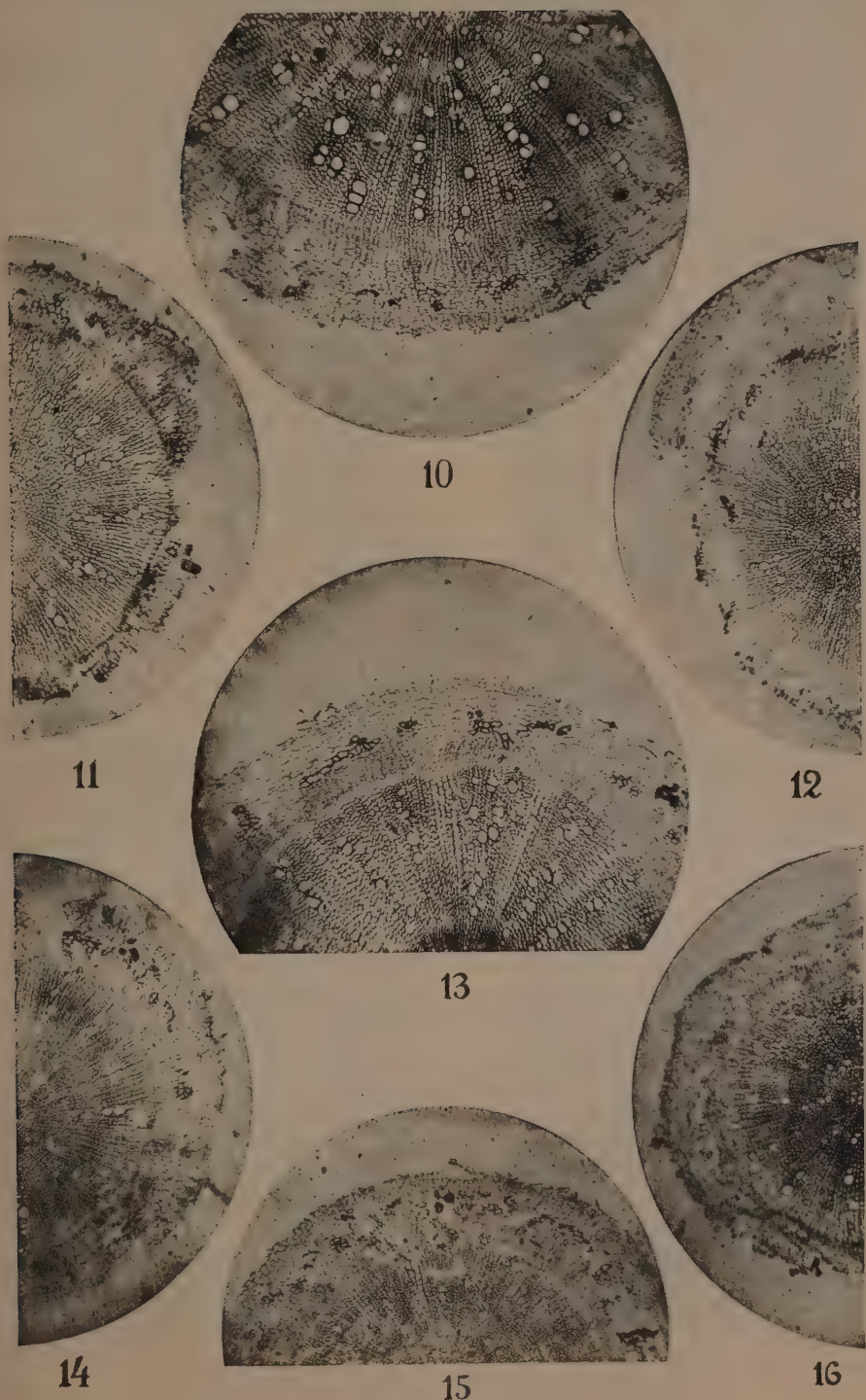
К статье Э. Я. Рохлиной



К статье Э. Я. Рохлиной



К статье Н. А. Наумовой



К статье Н. А. Наумовой

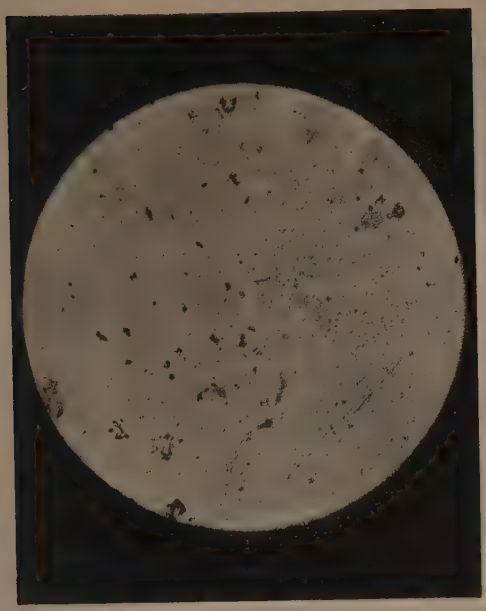
17

18

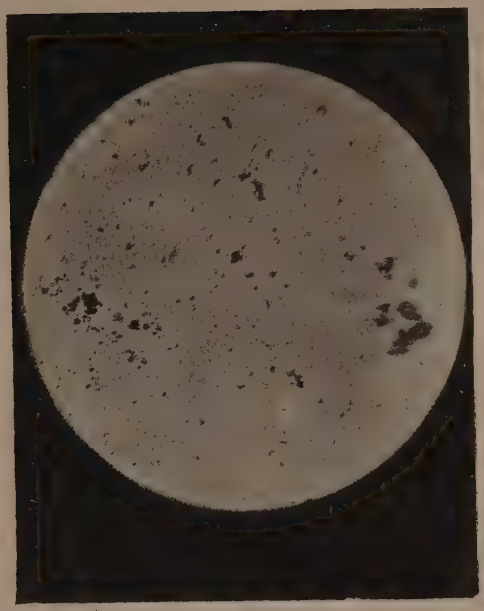
19

20

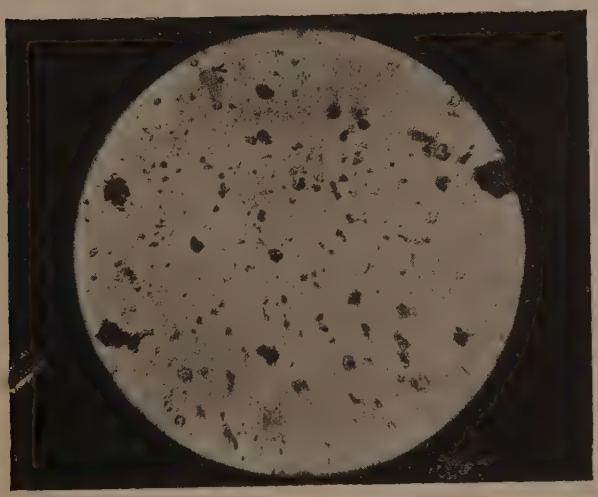
К статье Н. А. Наумовой



1



2



3

К статье Т. И. Федотовой

EDITORIAL NOTE

Bulletin of Plant Protection established in 1930 by the Institute for Plant Protection of USSR appears in 1932 divided into four series:

I series—**Entomology**
II series—**Phytopathology**
III series—**Control measures and implements**
IV series—**Vertebrats**

Each series, will consist of thematically specialized issues, having its own numeration and appearing independently of other series.

The issues of **Bulletin of Plant Protection** published from 1930 till 1932 will be divided according to their contents into series as folows:

The former system of numeration	The new system of numeration
Vol. I (1) — Acridodea	I series, 1
Vol. I (2) — Entomology	I series, 2
Vol. II (1) — Apparatus for pests control	III series, 1
Vol. III (1) — Insecticides	III series, 2
Vol. IV (1) — Injurious Vertebrats	IV series, 1
Vol. V (1) — Phytopathology	II series, 1

Published in 1932 and 1933:

I series, 3 (Acridodea)
I series, 4 (Phylloxera)
I series, 5 (Catalogue of Injurious Insects)
I series, 6 (Anthonomus pomorum)
II series, 2 (Smut)
II series, 3 (Plasmodiophora brassicae)
III series, 3 (Physiology of infested and burnt plant)
IV series, 2 (Vertebrats)

Цена 3 руб.

ТРУДЫ ПО ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ

издаваемые с 1930 года Всесоюзным Институтом Защиты Растений, начиная с 1932 года разделены на четыре серии:

I серия—**энтомология**
II серия—**фитопатология**
III серия—**средства и орудия борьбы**
IV серия—**позвоночные.**

Каждая серия состоит из специализированных выпусков с самостоятельной нумерацией этих выпусков в каждой серии.

Вышедшие с 1930 по 1932 год **Труды по защите растений** разбиваются на серии, соответственно их содержания, следующим образом:

По прежней системе нумерации томов и выпусков	По новой системе нумерации серий и выпусков	Цена
Том I, вып. 1 (Саранчевые)	I серия, вып. 1	5 р.—к.
Том I, вып. 2 (Энтомология)	I серия, вып. 2	3 „—„
Том II, вып. 1 (Машины по борьбе с вредителями)	III серия, вып. 1	разошл.
Том III, вып. 1 (Инсектисиды)	III серия, вып. 2	4 р.—к.
Том IV, вып. 1 (Вредн. позвоночные)	IV серия, вып. 1	2 „50„
Том V, вып. 1 (Фитопатология)	II серия, вып. 1	5 „—„

Вышли из печати в 1932 и 1933 г.г.:

I серия, вып. 3 (Саранчевые). Ц. 4 р. 50 к.
I серия, вып. 4 (Филлоксера). Ц. 4 р. 50 к.
I серия, вып. 5 (Список вредных насекомых). Ц. 15 р.
I серия, вып. 6 (Яблонный цветоед). Ц. 1 р.
II серия, вып. 2 (Головня). Ц. 2 р.
II серия, вып. 3 (Кила капусты) Ц. 3 р.
III серия, вып. 3 (Физиология больного и поврежденного растения). Ц. 4 р.
IV серия, вып. 2 (Вредные позвоночные). Ц. 3 р.

Склад изданий Института Защиты Растений:

Ленинград 1, Бульвар Профсоюзов, 7

EDITORIAL NOTE

Bulletin of Plant Protection established in 1930 by the Institute for Plant Protection of USSR will appear from 1932 divided into four series:

I series — **Entomology**

II series — **Phytopathology**

III series — **Control measures and implements**

IV series — **Vertebrats**

Each series, will consist of thematically spezialized issues, hawing its own numaration and appearing independently of other series.

The issues of **Bulletin of Plant Protection** published from 1930 till 1932 will be divided according to their contents into series as follows:

The former system of numeration	The new system of numeration
Vol. I (1) — Acridodea	I series, 1
Vol. I (2) — Entomology	I series, 2
Vol. II (1) — Apparatus for pests control	III series, 1
Vol. III (1) — Insecticides	III series, 2
Vol. IV (1) — Injurious Vertebrats	IV series, 1
Vol. V (1) — Phytopathology	II series, 1

Were published in 1932:

I series, 3 (Acridodea)
I series, 4 (Phylloxera)
I series, 6 (Anthnomus pomorum)
II series, 2 (Vertebrats)
III series, 3 (Effect of injury)
IV series, 2 (Smut)

In print:

I series, 5 (Catalogue of Injurious Insects)
I series, 7 (Cattle Pests)

2р.

Цена ~~1 р. 50 к.~~

ТРУДЫ ПО ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ

издаваемые с 1930 года Всесоюзным Институтом Защиты Растений, начиная с 1932 года разделены на четыре серии:

I серия — **энтомология**
II серия — **фитопатология**
III серия — **средства и орудия борьбы**
IV серия — **позвоночные**

Каждая серия состоит из специализированных выпусков с самостоятельной нумерацией этих выпусков в каждой серии.

Вышедшие с 1930 по 1932 год **Труды по защите растений** разбиваются на серии, соответственно их содержания, следующим образом:

По прежней системе нумерации томов и выпусков	По новой системе нумерации серий и выпусков	Цена
Том I, вып. 1 (Саранчевые)	I серия, вып. 1	4 р. — к.
Том I, вып. 2 (Энтомология)	II серия, вып. 2	3 „ — „
Том II, вып. 1 (Машины по борьбе с вредителями)	III серия, вып. 1	(разошл.)
Том III, вып. 1 (Инсектисиды).	III серия, вып. 2	3 р. — к.
Том IV, вып. 1 (Вредн. позвоночные)	IV серия, вып. 1	1 „ 75 „
Том V, вып. 1 (Фитопатология)	II серия, вып. 1	4 „ — „

Вышли в свет в 1932 г.:

I серия, вып. 3 (Саранчевые). Ц. 3 р. 50 к.
I серия, вып. 4 (Филлоксера). Ц. 3 р. 50 к.
I серия, вып. 6 (Яблонный цветоед). Ц. 1 р.
II серия, вып. 2 (Головня). Ц. 1 р. 50 к.
III серия, вып. 3 (Учет вредоносности). Ц. 3 р.
IV серия, вып. 2 (Позвоночные). Ц. 3 р.

Находятся в печати:

I серия, вып. 5 (Список вредных насекомых)
I серия, вып. 7 (Вредители животноводства)

Склад изданий Института Защиты Растений:
Ленинград, Бульвар Профсоюзов, 7